

Stadt-Land-Plus Verbundvorhaben

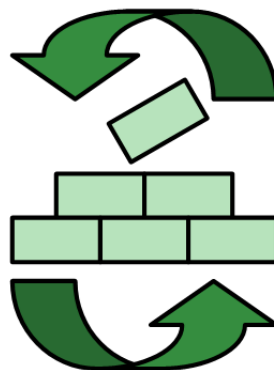
# WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ

**Abschlussbericht**

Projektlaufzeit: 01.10.2018 – 30.09.2023

Förderkennzeichen: 033L209

## WIEBAUIN



**FONA**  
Forschung für Nachhaltigkeit

STADT  
LAND  
PLUS+

Zukunftsstadt

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033L209 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Sachbericht zum Verwendungsnachweis des BMBF-Forschungsprojektes ‚WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ‘ – Teil II: Eingehende Darstellung (Langversion; Stand: März 2024)

**Verbundpartner**

Institution	Ansprechpartner:innen	
Technische Universität Darmstadt		 TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
Fachgebiet Landmanagement	Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke	 landmanagement
Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft	Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek	 SuR
Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung	Prof. Dr.-Ing. Annette Rudolph-Cleff	 est fachgebiet entwerfen und stadtentwicklung
Landkreis Darmstadt-Dieburg	Landrat Klaus Peter Schellhaas	 Region der Zukunft Landkreis Darmstadt-Dieburg
Gemeinde Münster (Hessen)	Bürgermeister Joachim Schledt	 MÜNSTER HESSEN
Gemeinde Otzberg	Bürgermeister Matthias Weber	 Otzberg

**Autor:innen**

Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Landmanagement

*Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke, M.Sc. Raphael Bretscher, Dr.-Ing. Philip Gärtner, M.Sc. Miriam Mayer, M.Sc. Kim Nobis, M.Sc. Luisa Ritter, M.Sc. Jana Stahl*

Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft

*Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek, M.Sc. Christian Dierks, M.Sc. Tabea Hagedorn*

Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung

*Prof. Dr.-Ing. Annette Rudolph-Cleff, Dipl.-Ing. M.Sc. Nourdin Labidi*

Gemeinde Münster (Hessen)

*M.Sc. Annette Fedyszin*

Gemeinde Otzberg

*M.Sc. Christine Laubscheer*

Landkreis Darmstadt-Dieburg

*M.A. Natascha Roth*

*M.A. Natascha Roth*

---

## Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke

Technische Universität Darmstadt

Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Institut für Geodäsie

Fachgebiet Landmanagement

Franziska-Braun-Str. 7

64287 Darmstadt

Tel.: 06151 / 16 - 21964

E-Mail: [hans-joachim.linke@tu-darmstadt.de](mailto:hans-joachim.linke@tu-darmstadt.de)

Website: [www.geodesy.tu-darmstadt.de/landmanagement](http://www.geodesy.tu-darmstadt.de/landmanagement)



landmanagement

---

---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>III</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>VII</b>
<b>FORMELN .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>X</b>
<b>1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTELLUNG .....	1
1.2 PROJEKTZIEL UND AUFBAU DES BERICHTES .....	1
1.3 BEZUG ZU FÖRDERPOLITISCHEN ZIELEN DER BMBF-FÖRDERMAßNAHME ‚STADT-LAND-PLUS‘ .....	2
1.4 FORSCHUNGSANSATZ UND WISSENSCHAFTLICH / TECHNISCHE ASPEKTE .....	2
<b>2. WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND .....</b>	<b>5</b>
2.1 BEGRIFFSDEFINITIONEN.....	5
2.2 FORSCHUNGSPROJEKTE UND STUDIEN.....	6
2.3 AKTUELLER STAND VON BAUTEILBÖRSEN, GEBÄUDE- UND MATERIALKATASTERN.....	8
<b>3. VORGEHEN, ARBEITS- UND ZEIT- UND ZUWENDUNGSPLANUNG .....</b>	<b>11</b>
3.1 KOOPERATIONSPARTNER.....	11
3.2 ARBEITS- UND ZEITPLANUNG .....	14
3.3 NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT .....	17
3.4 WICHTIGSTE POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES ZUR VERWENDUNG DER ZUWENDUNG .....	18
3.5 SYSTEMGRENZEN.....	18
<b>4. ERGEBNISSE UND VERWERTBARKEIT .....</b>	<b>19</b>
4.1 GEBÄUDE- UND MATERIALDATENBANK.....	19
4.2 GEBÄUDE- UND MATERIALDATENBANK DER GEMEINDEN MÜNSTER UND OTZBERG.....	28
4.3 LEITFADEN ZUR EINBINDUNG VON IMMOBILIENEIGENTÜMER:INNEN LEERSTEHENDER GEBÄUDE.....	34
4.4 LEITFADEN UND TRAGFÄHIGKEITSKALKULATOR ZUR UMSETZUNG DES GESCHÄFTSMODELLS DER BAUTEILWIEDERVERWENDUNG .....	68
4.5 REGIONALES STOFFSTROMMODELL .....	120
4.6 WEITERBILDUNGSTOOL FÜR BAUHERR:INNEN UND ARCHITEKT:INNEN.....	183
4.7 WEITERFÜHRENDE ERKENNTNISSE .....	228
<b>5. VERÖFFENTLICHUNG DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>239</b>
5.1 VERÖFFENTLICHUNGEN 2018.....	239
5.2 VERÖFFENTLICHUNGEN 2019.....	239
5.3 VERÖFFENTLICHUNGEN 2020.....	240



5.4	VERÖFFENTLICHUNGEN 2021 .....	240
5.5	VERÖFFENTLICHUNGEN 2022 .....	241
5.6	VERÖFFENTLICHUNGEN 2023 .....	243
<b>6.</b>	<b>SCHLUSSBETRACHTUNG .....</b>	<b>245</b>
6.1	KURZZUSAMMENFASSUNG .....	245
6.2	REFLEXION DER ERGEBNISSE .....	247
6.3	AUSBLICK .....	247
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>249</b>
	<b>ANHANG .....</b>	<b>1</b>

---

---

## Abbildungsverzeichnis

---

Abb. 1:	Modell zur Abbildung der Effekte aus dem Wirkungsgefüge Stadt-Land .....	2
Abb. 2:	Schematischer Ablauf des Forschungsvorhabens .....	15
Abb. 3:	Arbeits-, Zeit- und Meilensteinplanung.....	16
Abb. 4:	Übersicht über alle in einer Gemeinde erfassten Gebäude.....	20
Abb. 5:	Übersicht zu den für ein Gebäude erfassten Baumaterialien .....	20
Abb. 6:	Tool zur Erfassung einzelner Baumaterialien .....	21
Abb. 7:	Prozess der Datenerhebung .....	30
Abb. 8:	Auszug aus einer beispielhaften Bauakte.....	31
Abb. 9:	Elemente der Öffentlichkeitsarbeit in WieBauin .....	35
Abb. 10:	Projektlogo von WieBauin.....	36
Abb. 11:	Ausschnitt aus der Homepage von WieBauin .....	36
Abb. 12:	Besucher:innen und Seitenaufrufe der WieBauin-Homepage zwischen dem 08. Oktober 2018 und dem 30. September 2021 (Forschungs- und Entwicklungsphase; links) und dem 01. Oktober 2021 und dem 30. September 2023 (Umsetzungs- und Verstetigungsphase; rechts).....	37
Abb. 13:	Logo der Marke Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg.....	39
Abb. 14:	Flyer .....	40
Abb. 15:	Alte Außentür wurde in Otzberg restauriert und ist mit einem frischen Anstrich ein Blickfang als neue Zimmertür .....	41
Abb. 16:	Vorstellung von WieBauin in Mainz (links) und Griesheim (rechts).....	45
Abb. 17:	Vorstellung von WieBauin bei der Veranstaltung ‚Offenes Ober-Klingen‘ .....	46
Abb. 18:	Stadt-Land-Plus Statuskonferenz 2022 in Leipzig.....	46
Abb. 19:	1. Konferenz zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien .....	47
Abb. 20:	Runder Tisch im November 2022 .....	47
Abb. 21:	WieBauin-Stand im Darmstädter Ka-Gel im Rahmen der europäischen Woche der Abfallvermeidung 2022 .....	48
Abb. 22:	Vortrag bei der Odenwaldakademie im Februar 2023.....	48
Abb. 23:	Allgemeiner Ablauf der Beratungsgespräche.....	53
Abb. 24:	Cover der Broschüre ‚Für mehr Leben im Dorf: Neuer Wohnraum in der Ortsmitte‘ mit Sticker des Bauteilkreises Region Darmstadt-Dieburg .....	59
Abb. 25:	Seiten aus der Beispielsammlung zur Wiederverwendung.....	61
Abb. 26:	Rahmen Geschäftsmodellentwicklung .....	69
Abb. 27:	Städte (blaue Farbe) und Gemeinden (grüne Farbe) des Landkreises Darmstadt-Dieburg.....	73
Abb. 28:	Einwohnerzahlen der Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg am 31.12.2019 .....	74

Abb. 29:	Einwohnerzahlenentwicklung der Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg von 2011 bis 2019 .....	75
Abb. 30:	Anzahl der Wohngebäude in den Städten und Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg am 31.12.2019.....	76
Abb. 31:	Zuwachs an Wohngebäuden in den Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg von 2011 bis 2019 .....	77
Abb. 32:	Gebäude mit Wohnraum nach Baualtersklassen.....	78
Abb. 33:	Verhältnis Anzahl Wohngebäude und Einwohnerzahl in den Städten und Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg.....	79
Abb. 34:	Maximaler Bedarf an Wohnsiedlungsfläche von 2002 bis 2020 in Hektar .....	81
Abb. 35:	Abgleich des Zuwachses an Wohngebäuden (2011-2019) und der Prognose zum maximalen Wohnsiedlungsflächenbedarf (2002-2020) je Gemeinde .....	82
Abb. 36:	Detaildarstellung Vorhersagemodelle.....	90
Abb. 37:	Übersichtsdarstellung Prognosemodelle .....	90
Abb. 38:	Bauabfall- und Wertstoffsammelstellen .....	93
Abb. 39:	Entsorgungsanlagen für mineralische Bauabfälle .....	95
Abb. 40:	Entsorgungsanlage - SHW Messel .....	97
Abb. 41:	Entsorgungsanlagen mineralische Bauabfälle – Gesamtübersicht 2018 .....	99
Abb. 42:	Rohstoffsicherungsflächen - aktive Gewinnung.....	102
Abb. 43:	Gewinnungsfläche – MHI Naturstein Dieburg.....	103
Abb. 44:	Vergleich der Flächeninanspruchnahme Entsorgung und Gewinnung .....	104
Abb. 45:	Business Model Canvas .....	110
Abb. 46:	Morphologischer Kasten Geschäftsmodell .....	113
Abb. 47:	Morphologischer Kasten Geschäftsmodell bewertet.....	114
Abb. 48:	Geschäftsmodellvarianten .....	115
Abb. 49:	Marktplatz des Bauteilkreisels .....	116
Abb. 50:	Ausschnitt der Informationsplattform des Bauteilkreisels .....	116
Abb. 51:	Unterstützungs- und Beratungsangebot.....	117
Abb. 52:	Verstetigungsvarianten .....	118
Abb. 53:	Statistisch erfasste Menge mineralischer Bauabfälle in Deutschland, 1996-2017 (in Mio. t) .....	122
Abb. 54:	Aufkommen an Recyclingbaustoffen in Deutschland 1996 - 2016 .....	123
Abb. 55:	Untere Variante des zukünftigen Aufkommens von Recyclingbaustoffen in Deutschland zwischen 2020 bis 2050.....	124
Abb. 56:	Obere Variante des zukünftigen Aufkommens von Recyclingbaustoffen in Deutschland zwischen 2020 bis 2050.....	124

Abb. 57:	Aufkommen von Ausbauasphalt und Wiedereinsatz in der Mischgutproduktion in Deutschland zwischen 1987 und 2019 .....	129
Abb. 58:	Ausschnitt PRINS: Bundesbedarfsplan 2030 - Landkreis Darmstadt-Dieburg.....	133
Abb. 59:	Zusammenhänge der Szenarioparameter des Systems Recyclingbaustoffe aus Bauschutt .....	141
Abb. 60:	Szenariokreuz für Angebot und Nachfrage bezüglich mineralischer Recyclingbaustoffe aus dem Bausektor .....	145
Abb. 61:	Verwertungswege in den Szenarien ‚Business as Usual‘ und ‚Beschränkte Nachfrage‘ .....	146
Abb. 62:	Verwertungswege in den Szenarien ‚Beschränktes Angebot‘ und ‚Recycling-Boom‘ .....	149
Abb. 63:	Phasen einer Ökobilanz und direkte Anwendungen .....	152
Abb. 64:	Systemänderungen (+/-) aufgrund der Substitution von Primärmaterial mit Betonbruch im Verwertungsweg ‚Schottertrag-schicht und Frostschuttschicht‘ und betrachtete Prozesse .....	155
Abb. 65:	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Transportszenario ‚Baseline‘; alle Werte sind gerundet .....	158
Abb. 66:	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Transportszenario ‚Best Case‘; alle Werte sind gerundet .....	160
Abb. 67:	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Transportszenario ‚Worst Case‘; alle Werte sind gerundet.....	160
Abb. 68:	Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bezüglich der Verfüllung des Brechsandes; alle Werte sind gerundet.....	161
Abb. 69:	Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bezüglich der Verfüllung des Brechsandes bezogen auf 1 t Betonbruch; alle Werte sind gerundet.....	162
Abb. 70:	Überblick der Methode zur Bestimmung des Treibhausgaseinsparpotenzials wiederverwendbarer Bauteile.....	165
Abb. 71:	Lebenswegmodule gemäß EN 15804 .....	167
Abb. 72:	Referenztypen und Treibhausgaseinsparpotenzial von PVC- und Holzfenstern mit den Abmessungen h x b.....	175
Abb. 73:	Materialien der erhobenen Bauteile .....	175
Abb. 74:	Häufigkeit der Verwendungen eines Datensatzes .....	176
Abb. 75:	Zusammenfassung aller Bauteile mit Referenztyp nach Material; Bezeichnung der einzelnen Bauteile (siehe Tab. 35) .....	178
Abb. 76:	Titelseite Handbuch ‚Baumaterialien wiederverwenden‘ und niederschwellige Ansprache von Bürger:innen im Handbuch .....	193
Abb. 77:	Auszug aus dem Kapitel ‚Erhalten bleiben - Ressourcen schonen und Gestalt wahren‘ .....	194
Abb. 78:	Baukultur in der Projektregion .....	196
Abb. 79:	Darstellung von Materialkreisläufen und Begrifflichkeiten zur Nutzung von Baumaterialien und daraus gewonnenen Sekundärrohstoffen.....	197
Abb. 80:	Baustoffe und ihr Wiederverwendungspotenzial .....	199



Abb. 81:	Wohnhäuser der Projektregion und ihre typischen Baumaterialien .....	200
Abb. 82:	Hinweise auf die digitale Plattform und Anregungen zur Projektverstetigung .....	203
Abb. 83:	Eingabemaske des Materialertragsrechners und Zugriffsmöglichkeiten auf den Materialertragsrechner mit Videotutorial auf der Projektwebseite .....	205
Abb. 84:	Herleitung der Standardwerte und Verwendung der Daten im Projekt .....	207
Abb. 85:	Beispiel eines Gebäuderepräsentanten .....	208
Abb. 86:	Materialertragsrechner mit wählbaren Tabs und Auswahl des Baualters.....	212
Abb. 87:	Bereich Wände mit vorhandenen Standardwerten .....	212
Abb. 88:	Bereiche Decken (mit Hinweisicon neben dem Tabellennamen; links) und Dach (rechts) .....	212
Abb. 89:	Bereich Türen .....	213
Abb. 90:	Bereich Fenster.....	213
Abb. 91:	Bereich Treppen .....	213
Abb. 92:	Bereich Böden mit der möglichen Materialauswahl in einer Drop-Down-Liste .....	213
Abb. 93:	Bereiche Sanitär (links) und Heizungen (rechts) .....	214
Abb. 94:	Bereich Außenbereich .....	214
Abb. 95:	Ausgabetabelle des Materialertragsrechners mit potentiell eingespartem CO <sub>2</sub> je Bauteil und gesamt, möglichem Preis je Bauteil und gesamt und potentiell vorhandenen Schadstoffen mit der Anzeige des Warnhinweises zur Aufforderung der weiteren Über- prüfung des Bauteils.....	214
Abb. 96:	Eingabemaske (links) und Ausgabetabelle (rechts) des Schadstoffverzeichnisses .....	215
Abb. 97:	Auszug aus der Datenbank ‚Bauteiltabelle‘ mit den Feldern Kategorie, Bauteile, Material, Bezugseinheit, Median Preis in Euro (hinterlegt ist ein Array, welches die Werte der verschiedenen Herstellungszeiträume enthält), GWP und Kommentar.....	216
Abb. 98:	Auszug aus der Datenbank ‚Schadstoffe‘ mit den Feldern Table (welcher Tabellenkategorie des Materialertragsrechners kann das Bauteil zugeordnet werden), Bauteil/Baustoff, Schadstoffe und der Zuordnung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens nach Jahr und Land (DDR/BRD) .....	216
Abb. 99:	Flyer zur Bewerbung des Beratungsangebots.....	217

---

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tab. 1:	Übersicht aktiver Vermarktungsplattformen .....	8
Tab. 3:	Baumaterialien Erfassungsbogen .....	23
Tab. 4:	Bauteile Erfassungsbogen .....	26
Tab. 5:	Eigenschaften Erfassungsbogen .....	27
Tab. 6:	Baualtersklassen .....	29
Tab. 7:	Checkliste für Beratungsgespräche .....	56
Tab. 8:	Übersicht Geschäftsmodelle Bauteilwiederverwendung.....	71
Tab. 9:	Stadt- und Gemeindetypen im Landkreis Darmstadt-Dieburg.....	74
Tab. 10:	Durchschnittliche Lebensdauer und Varianz der Lebensdauer.....	88
Tab. 11:	Randbedingungen der nichtlinearen Brute-Force-Schätzung .....	89
Tab. 12:	MSPE Vergleich nichtlinear/linear.....	89
Tab. 13:	Bezeichnung, Standort und Gebiet der Entsorgungsanlagen in Darmstadt und im LaDaDi .....	95
Tab. 14:	Gesamtübersicht 2016 – örE Stadt Darmstadt.....	98
Tab. 15:	Gesamtübersicht 2018 – örE Stadt Darmstadt.....	98
Tab. 16:	Gesamtübersicht 2018 – örE LaDaDi.....	98
Tab. 17:	Angabe von Attributen zu Gewinnungsflächen in LaDaDi .....	102
Tab. 18:	Bauteile und aggregierter Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ].....	106
Tab. 19:	Materialliste und Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ].....	107
Tab. 20:	Berechnung Flächennutzung.....	107
Tab. 21:	Beispielhafte Übersicht über gängige Anbieter:innen von Marketplace-Lösungen, Stand Mai 2023.....	120
Tab. 22:	Prognose Bauschutt und Bodenaushub an öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger – Stadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg (2013-2025) .....	125
Tab. 23:	In stationären Bauschuttaufbereitungsanlagen eingesetzte Abfälle im Landkreis Darmstadt- Dieburg 2018 nach Abfallarten und daraus berechnetes Abfallaufkommen .....	126
Tab. 24:	Ausgangs- und Zielnetz 2030 im Straßenbau in Deutschland nach .....	132
Tab. 25:	Szenarioparameter des Systems Recyclingbaustoffe und qualitative Abschätzung der Entwicklung. ++ = starke positive Veränderung; + = geringe positive Veränderung; 0 = keine Veränderung; - = geringe negative Veränderung.....	141
Tab. 26:	Qualitative Abschätzung der Entwicklung der Szenarioparameter des Systems Recyclingbaustoffe für die vier Szenarien Business as Usual, Beschränkte Nachfrage, Beschränktes Angebot und Recycling-Boom; ++ = starke positive Veränderung; + = geringe positive Veränderung; 0 = keine Veränderung; - = geringe negative Veränderung.....	151
Tab. 27:	Verwendete Datensätze und Mengen .....	157

---

Tab. 28:	Auszug Ökobilanzliste.....	166
Tab. 29:	Beschreibung Ökobilanzdatenbanken.....	169
Tab. 30:	Definition und Zuordnung der Datensätze.....	172
Tab. 31:	Beschreibung der Bauteilsubstitution – ‚Bauteil X (Material Y)‘ mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution.....	173
Tab. 32:	Treibhausgaspotenzial (GWP) von ‚(bestimmten) überwiegenden und technisch möglichen Referenzflüssen‘ .....	174
Tab. 33:	Aufschlüsselung Bauteile und deren Zuordnung .....	176
Tab. 34:	Treibhausgaspotenzial von Fensterbänken (Granit) .....	177
Tab. 35:	Treibhausgaspotenzial aller Bauteile mit Referenztyp (RT) nach Material.....	179
Tab. 36:	Treibhausgaspotenzial aller Bauteile mit Referenzmenge nach Material .....	180
Tab. 37:	Vgl. Triebhauseinsparpotenzial von Fensterbänken für eine jeweilige technisch mögliche Substitution der Materialien .....	180
Tab. 38:	Ausschnitt aus der entwickelten Bewertungsmatrix für das Beispiel von Holzbauteilen im Außenbereich für die Jahre 1945 bis 1954.....	211

---

---

## Formeln

---

Formel 1: Indikator Einsparungspotenzial beim Flächenverbrauch vom Rohstoffabbau .....	105
Formel 2: Beispiel genutztes Einsparpotenzial Landnutzung Rohstoffabbau.....	107
Formel 3: Indikator Einsparungspotenzial Deponieraum .....	108
Formel 4: Beispiel genutztes Einsparpotenzial Deponieraum .....	109

---

## Abkürzungsverzeichnis

---

A	Fläche
AbfG LSA	Abfallgesetz des Landes Sachsen-Anhalt Administration
AK	Altersklassen
AKH	Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen
AktVis	Aktivierung von Flächenpotenzialen für eine Siedlungsentwicklung nach innen – Beteiligung und Mobilisierung durch Visualisierung
ARRL	Abfallrahmenrichtlinie
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
AWS	Abfall-Wirtschafts-Service
b	Breite
B	Business
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Bag	Bauabgänge
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BauGB	Baugesetzbuch
BauPVO	Bauproduktenverordnung
BayAbfG	Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BDA	Bund Deutscher Architektinnen und Architekten
BE	Bezugseinheit
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMI	Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BstatG	Bundesstatistikgesetz
BUGA	Bundesgartenschau
BVWP	Bundesverkehrswegeplan

---

C	Consumer
CO <sub>2</sub> -Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
d	Dicke
D	Direct
DAV	Deutscher Asphaltverband
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DEKRA	Deutsche Prüfgesellschaft im Sachverständigenwesen
DeRe	Dorf- und Regionalentwicklung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DOP	Digitale Orthophotos
DRZ	Darmstädter Recycling Zentrum GmbH
EAD	Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen Darmstadt
EAV	Europäischen Abfallverzeichnis
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EN	Europäische Norm
est	Entwerfen und Stadtentwicklung
EU	Europäische Union
EVPG	Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz
Fbt	Flächen in Bauabgänge in Bauteilen
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FISROH	Fachinformationssystem Rohstoffe
FZK	Förderkennzeichen
GDI	Geodateninfrastrukturen
GFP	Gesamtfinanzierungsplan
GIS	Geoinformationssystem
GWP	Global Warming Potential
h	Höhe
HAKrWG	Hessisches Ausführungsgesetz zum Kreislaufwirtschaftsgesetz
HBauStatG	Hochbaustatistikgesetz
HBO	Hessische Bauordnung
HDSchG	Hessisches Denkmalschutzgesetz
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

---

HMWEVW	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IBO	Institut für Baubiologie und Bauökologie
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung
IfS	Institut für Sachverständigenwesen
IINAS	Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien
IKGIS	Institut für kommunale Geoinformationssysteme
INTEGRAL	Integriertes Konzept für mineralische Abfälle und Landmanagement zur nachhaltigen Entwicklung von Stadt-Land-Nutzungsbeziehungen
ISO	International Organisation for Standardisation
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KMF	Künstliche Mineralfasern
KRS	Karte Rohstoffsicherung
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LaDaDi	Landkreis Darmstadt-Dieburg
LCA	Life Cycle Assessment
LM	Landmanagement
MHKW	Müllheizkraftwerk
MSPE	Mittlerer quadratischer Vorhersagefehler
ÖBD	ÖKOBAUDAT
örE	Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
P	Bauteile
PA	Polyamid
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCP	Pentachlorphenol
PRINS	Projektinformationssystem
ProBas	Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente
ProgRes	Ressourceneffizienzprogramm
PRRIG	Techno-Ökonomische Potenziale der Rückgewinnung von Rohstoffen aus dem Industrie- und Gewerbegebäude-Bestand
R	Regionen

---

RC	Recycling
RF	Referenzfluss
RP	Regierungspräsidium
RT	Referenztyp
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
SaaS	Software-as-a-Service
SHW	Bauschuttzubereitungsanlage der Südthessische Wertstoffrückgewinnungs-GmbH Messel
StAR-Bau	Stofffluss- und Akteursmodell als Grundlage für ein aktives Ressourcenmanagement im Bauwesen von Baden-Württemberg
StDa	Stadt Darmstadt
Stk.	Stück
SuR	Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft
TL SoB StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau
TP	Teilprojekt
TU	Technische Universität
UBA	Umweltbundesamt
VB	Vordringlicher Bedarf
VB-E	Vordringlicher Bedarf – Engpassbeseitigung
WF	Wohnfläche
WieBauin	Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ
WMS	WebMapService
ZAW	Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung Darmstadt-Dieburg
ZDF	Zweites Deutsches Fernsehen



---

## 1. Problemstellung und Zielsetzung

---

Dieser Bericht basiert auf den Ergebnissen des Forschungsvorhabens ‚Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ‘, kurz WieBauin. WieBauin ist eines von insgesamt 22 Verbundvorhaben der Förderrichtlinie ‚Stadt-Land-Plus‘ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), bei der neue Lösungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung von Städten, ihrem Umland und dem ländlichen Raum erarbeitet werden (BMBF 2017).

### 1.1 Problemstellung

Der Bausektor und die damit verbundenen Stoffströme gelten als wesentlicher Bereich der funktionalen Verflechtung von Stadt und Land. Diese Verflechtung wurde bislang vorwiegend unter den Aspekten von Siedlungs- und Verkehrsstrukturen untersucht. Weniger beachtet wurde die Tatsache, dass Stadt und Land auch über Stoffströme eng miteinander verflochten sind, denn der Bausektor stellt das größte Lager von Materialien der Gesellschaft dar (Schiller et al. 2015). Mineralische Rohstoffe als mengenmäßig bedeutendste Materialien des Bausektors können mit Blick auf Ökonomie und Ökologie nur im nahen Umfeld gewonnen werden, woraus sich die Bedeutung des ländlichen Raums für die städtischen Ballungszentren ableiten lässt (Hiete et al. 2011). Neben der Funktion als Quelle mineralischer Rohstoffe fungiert der ländliche Raum auch als Deponiestätte für (Abfall) Materialien des Bausektors. Aktuell werden ca. 11 % der Bau- und Abbruchabfälle auf Deponien gelagert und bei Verwertung vorrangig im Straßenbau, Erdbau und dem Bau von Deponien und somit überwiegend im ländlichen Raum verwendet (UBA 2023).

Als Folge unterschiedlicher Einflüsse wird das Stoffstromsystem zwischen Stadt und Land künftig in Bewegung geraten. Durch die Mantelverordnung zur Verwertung mineralischer Abfälle (vgl. Deutscher Bundestag 2021) wird voraussichtlich die Menge der zu deponierenden mineralischen Abfälle steigen und damit verknüpft auch die erforderliche Deponiefläche im ländlichen Raum. In Folge unterschiedlicher demographischer Entwicklungen von Stadt und Land wird sich außerdem eine Auseinanderentwicklung von Nachfrage an mineralischen Baustoffen und Anfall mineralischer Abfälle ergeben. Untersuchungen belegen, dass sowohl regionale als auch zeitliche Disparitäten zwischen Nachfrage und Angebot zu erwarten sind (Schiller et al. 2016). Diese Entwicklung birgt Chancen und Risiken: Chancen, wenn es gelingt, den durch das Wachstum steigenden Bedarf von Baustoffen zunehmend mit Sekundärrohstoffen zu decken; Risiken, wenn die durch Schrumpfung (und dadurch notwendige Rückbaumaßnahmen) freiwerdenden Materialien zusätzlichen Deponieraum benötigen.

### 1.2 Projektziel und Aufbau des Berichtes

Durch Nutzung alternativer Quellen zur Gewinnung von Baumaterialien durch Wiederverwendung soll die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen im ländlichen Raum reduziert werden. Am Fallbeispiel des Landkreises Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt wurden im Rahmen des Projektes neue Herangehensweisen und Instrumente entwickelt, um die Stadt-Land-Beziehungen und das Stoffstrommanagement zum beiderseitigen ökologischen und ökonomischen Vorteil zu optimieren. Ziel der Forschungs- und Entwicklungsphase war dabei die Entwicklung einer Wertschöpfungskette beginnend bei den Eigentümer:innen, welche im Besitz zum Abbruch vorgesehener Gebäude sind, bis hin zu Nutzenden der beim Abbruch gewonnenen Baumaterialien. Zur regionalen Vermarktung in Frage kommender Baumaterialien wurde darauf aufbauend ein Geschäftsmodell entwickelt, das im Rahmen der Umsetzungs- und Verfestigungsphase erprobt werden konnte.

Im Bericht wird nach der Erläuterung der Problemstellung und der Zielsetzung (Kapitel 1) zunächst auf die Rahmenbedingungen für das Forschungsprojekt eingegangen (Kapitel 2). Anschließend gliedert sich der Bericht in eine Beschreibung der Vorgehensweise sowie Arbeits-, Zeit und Zuwendungsplanung (Kapitel 3), die Darstellung der Ergebnisse und Beurteilung ihrer Verwertbarkeit (Kapitel 4). Hierbei werden die einzelnen Teilergebnisse

detailliert beleuchtet. Es folgt eine Übersicht über bisherige Veröffentlichungen (Kapitel 5) sowie eine zusammenfassende Schlussbetrachtung (Kapitel 6).

### 1.3 Bezug zu förderpolitischen Zielen der BMBF-Fördermaßnahme ‚Stadt-Land-Plus‘

Das Forschungsvorhaben setzt mit seinem transdisziplinären Ansatz auf die Entwicklung von Innovationen, um im Bereich der Wiederverwendung von Baumaterialien die Stadt-Land-Beziehungen und das Stoffstrommanagement zu optimieren und derzeit noch nicht vorhandene Verwertungsketten zu etablieren. Dadurch sollen gleichzeitig Anreize für eine Umstrukturierung von defizitären Bereichen im Siedlungsbestand im Sinne der Innenentwicklung gefördert werden. Baumaterialien, die sich im Rahmen einer Umstrukturierung oder auch eines Rückbaus, insbesondere im Bereich historischer Immobilien, ergeben, können, falls notwendig, aufbereitet und an anderer Stelle zur erneuten Anwendung kommen. Die Wiederverwendung kann so einen Beitrag leisten, um notwendige Umstrukturierungen überhaupt erst anzustoßen und die Flächeninanspruchnahme für Deponieflächen zu reduzieren. Mit dem Forschungsansatz werden entsprechend der Förderziele der wechselseitige Vorteil von Städten und ihrem Umland sowie die regionale Kreislaufwirtschaft gefördert. Zudem beinhaltet das Projekt Komponenten, die zur stadtreionalen Flächenkreislaufwirtschaft einen Beitrag leisten.

### 1.4 Forschungsansatz und wissenschaftlich / technische Aspekte

Das Projekt strebt gemäß den Zielen der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus durch Stärkung der Stadt-Land-Verflechtungen eine integrierte und nachhaltige Entwicklung der Regionen an (siehe Abb. 1).

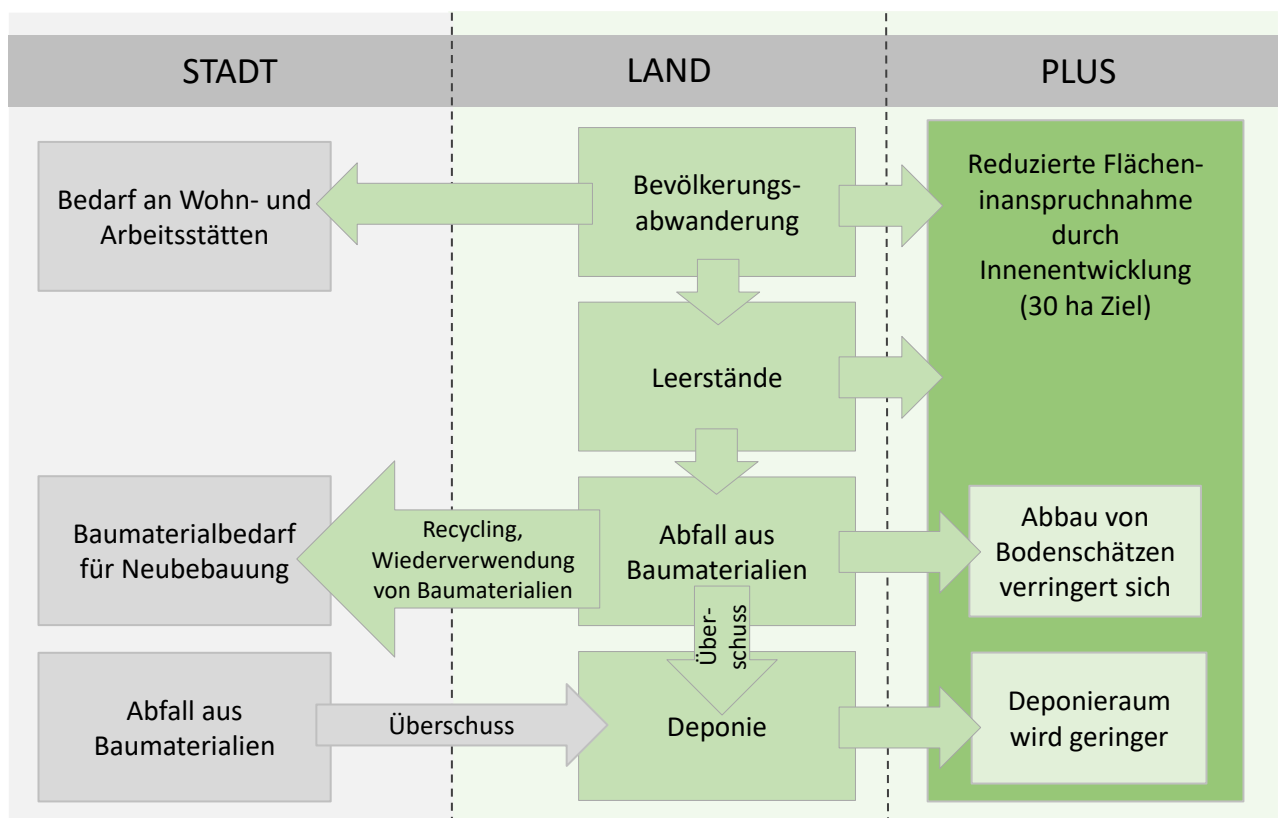


Abb. 1: Modell zur Abbildung der Effekte aus dem Wirkungsgefüge Stadt-Land (eigene Darstellung)

Die Bevölkerungswanderung aus ländlichen in städtische Räume gilt als wesentlicher Treiber des Stoffstromsystems. Aus der Bevölkerungsabnahme im ländlichen Raum folgt ein Überhang an Wohnfläche, der sich als struktureller Gebäudeleerstand widerspiegelt (Göddecke-Stellmann 2013). Im Kontext des zukunftsfähigen Umbaus

---

der Ortskerne werden u. a. Rückbaumaßnahmen der leerstehenden Gebäude erforderlich, da diese aus Altersgründen oder bedingt durch ihre ursprüngliche, teilweise landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr den aktuellen Wohnansprüchen entsprechen. Neben der Möglichkeit der Gestaltung eines attraktiven und zukunftsfähigen Ortsbildes kann dadurch ein bestehender Neubaubedarf innerorts statt im bisher ungenutzten Außenbereich gedeckt werden. Solche Maßnahmen der Innenentwicklung entsprechen der Strategie der Bundesregierung, die eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme für Verkehrs- und Siedlungsflächen bis 2030 auf unter 30 ha pro Tag und für das Jahr 2050 das Flächenverbrauchsziel Netto-Null (Flächenkreislaufwirtschaft) anstrebt (Bundesregierung 2016).

Die beim Rückbau der Gebäude freiwerdenden Baumaterialien müssen entsprechend dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) einer möglichst hochwertigen Verwertung zugeführt werden (§ 8 KrWG). Durch den geringen Bedarf an Baumaterialien im ländlichen Raum kann dem Ziel der Wiederverwertung nur durch Nutzung der Stoffströme in den Ballungszentren entsprochen werden. Herausforderungen ergeben sich hierbei u. a. durch die Unterschiede in den Stoffströmen. Während in Ballungszentren ein erheblicher Anteil der Stoffströme zentral anfällt und modernere Materialien wie Beton umfasst, sind die Stoffströme des ländlichen Raums in größerem Maße dezentral und von naturnahen Baumaterialien wie Holzbalken und Ziegeln geprägt. Die Schließung von Stoffkreisläufen zwischen Stadt und Land und der ganzheitliche Zusammenhang zwischen Stoffkreisläufen und Flächennutzung wurde im Forschungsprojekt fokussiert. Des Weiteren wurden der Status Quo und zukünftige Entwicklungen von Leerstand genauer betrachtet und die Qualität und Quantität von Baumaterialien in leerstehenden Gebäuden des ländlichen Raums ermittelt.

Mit Blick auf die entwickelten Wertschöpfungsketten lassen sich folgende drei Typen unterscheiden: ‚Wiederverwendung von Bauteilen oder -komponenten‘, ‚Verwertung von Baumaterialien im Hochbau‘ und ‚Verwertung von Baumaterialien für sonstige Verwendungen‘. Die Wiederverwendung von Bauteilen oder -komponenten lässt sich unter rechtlichen Aspekten in direkte Wiederverwendung und die Vorbereitung zur Wiederverwendung unterscheiden. Bei der direkten Wiederverwendung werden Alt-Produkte unverändert weitergegeben und für die gleiche Art der Nutzung verwendet und daher aufgrund ihres wirtschaftlichen Wertes als Wirtschaftsgut und nicht als Abfall angesehen. Als Vorbereitung zur Wiederverwendung werden im Unterschied dazu Maßnahmen wie bspw. Reinigungen oder Reparaturen bezeichnet, die für eine Wiederverwendung notwendig sind. Während der Dauer der Reparatur gelten Materialien als Abfall, bevor sie bei anschließender Wiederverwendung wieder als Wirtschaftsgut bezeichnet werden. Materialien, die beim Abbruch eines Gebäudes als Bauabfall anfallen, können nicht als Komponente oder Bauteile wiederverwendet werden (siehe Kapitel 4.6.6). Entsprechend dem Ziel einer hochwertigen Verwertung wäre eine Wiederverwendung von mineralischen Bauabfällen im Hochbau anzustreben (Closed-Loop-Recycling). Dies erfolgt heutzutage nur in geringem Ausmaß, obwohl sowohl seit über zwei Jahrzehnten die technologische Machbarkeit in zahlreichen Pilotprojekten erprobt wurde als auch die Richtlinien zur Verwendung von Rezyklaten geschaffen wurden (Stürmer und Kulle 2017) und damit eine Standardisierung von Recyclingmaterialien gegeben ist (DAfStb 2010). Der überwiegende Anteil der mineralischen Abfälle wird im Straßen- und Erdbau verwendet (Open-Loop-Recycling) (UBA 2023). Trotz dem langfristigen Ziel der erhöhten Wiederverwendung im Hochbau gilt es zu beachten, dass in andere Nutzungen, wie den Straßenbau, trotzdem keine Primärmaterialien fließen. Baumaterialabfälle müssen daher so aufbereitet werden, dass der Einsatz im Straßen- und Erdbau gegenüber einer Deponierung bevorzugt wird.

Der Forschungsansatz beinhaltet einerseits die Untersuchung des Status Quo und der zukünftigen Entwicklung von Leerständen sowie die Ermittlung von Qualitäten und Quantitäten der Baumaterialien, die in leerstehenden Gebäuden im ländlichen Bereich vorzufinden sind. Andererseits umfasst er die Entwicklung von neuen Wertschöpfungsketten zwischen Stadt und Land, die spezifisch auf solche Stoffströme ausgerichtet sind, und die Er-

---

mittlung der damit zu erzielenden Wirkungen für Stadt und Land, z. B. im Hinblick auf negative Umweltwirkungen und Flächenbedarf. Demnach liegt ein weiterer Schwerpunkt des Projekts auf der Entwicklung von Wertschöpfungsketten zur Förderung der Wiederverwendung und der hochwertigen Nutzung (Closed-Loop-Recycling) von Baustoffen. Zur Analyse der Wirkungen dieser Wertschöpfungsketten dient eine Szenarioanalyse auf Basis einer Stoffstrommodellierung, die – unter Beachtung der Rückwirkungen auf den Bedarf von Baumaterialien für sonstige Verwendungen – Effekte auf Quantitäten und Qualitäten von Stoffströmen analysiert und ökologische Wirkungen ausweist. Damit einhergehend werden in einer vertieften Untersuchung mögliche positive Folgen für die städtebauliche Innenentwicklung identifiziert und für die kommunalen Partner Umsetzungswege aufgezeigt.

---

## 2. Wissenschaftlicher und technischer Stand

---

Bei der Wiederverwendung von Baumaterialien bilden einheitliche begriffliche Definitionen die Grundlage für ein klares Verständnis. Auf die aktuelle rechtliche Situation wird detailliert in Kapitel 4.6.6 eingegangen. Die Wiederverwendung von Bauteilen und die hochwertige Verwertung von anfallenden Bauabfällen wurde und wird in verschiedensten Forschungsvorhaben und Studien mit unterschiedlichsten Schwerpunkten beleuchtet. Die Führung von Bauteilbörsen sowie Gebäude- und Materialkatastern zeigt die Bedeutung der Wiederverwendung von Baumaterialien auf.

### 2.1 Begriffsdefinitionen

Im Rahmen dieses Projektberichtes wird eine Reihe von Begrifflichkeiten der einheitlichen und unmissverständlichen Verwendung halber in dem nachfolgenden Glossar definiert.

Daraus leitet sich für das Projekt explizit nicht der Anspruch ab, eine abschließende und rechtlich zweifelsfreie Einordnung der im Anschluss aufgeführten Begriffe vorzunehmen; dies betrifft insbesondere die Zuordnung der rechtlichen Abfalleigenschaft nach dem KrWG zu einem Stoffstrom. Die Begrifflichkeiten werden lediglich nach bestem Wissen und Gewissen verwendet.

**Abfälle** im Sinne des KrWG sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Abfälle zur Verwertung sind Abfälle, die verwertet werden; Abfälle, die nicht verwertet werden, sind Abfälle zur Beseitigung. (§ 3 Nr. 1 KrWG)

**Abfallentsorgung** im Sinne des KrWG sind Verwertungs- und Beseitigungsverfahren, einschließlich der Vorbereitung vor der Verwertung oder Beseitigung. (§ 3 Nr. 22 KrWG)

**Bauelemente** sind Produkte des Ausbaus, die nach der Fertigstellung des Rohbaus eines Gebäudes in die Bauwerksöffnungen oder die Tragkonstruktion des Bauwerks eingesetzt werden können. Zu den Bauelementen gehören Produkte wie Türen und Fenster, Treppen oder Fassadenteile. Statisch wirksame Fertigteile der sog. Elementbauweise werden hiervon ausdrücklich nicht erfasst.

Ein **Bauprodukt** ist jedes Produkt oder jeder Bausatz (s. u.) aus Materialien, das bzw. der hergestellt und in Verkehr gebracht wird, um dauerhaft in Bauwerke oder bauliche Anlagen eingebaut oder mit dem Erdboden verbunden zu werden. Dazu zählen auch Produkte der technischen Gebäudeausrüstung. (siehe hierzu auch Art. 2 Bauproduktenverordnung der Europäischen Union (EU), kurz BauPVO)

Ein **Bausatz** bezeichnet ein Bauprodukt, das von einem einzigen Hersteller als Satz von mindestens zwei getrennten Komponenten, welche zusammengefügt werden müssen, um in ein Bauwerk eingebaut zu werden, in Verkehr gebracht wird (Art. 2 BauPVO).

Der Begriff **Baustoff** wird im Sinne dieses Berichts inhaltlich gleichbedeutend mit dem Ausdruck Bauprodukt (s. o.) verwendet.

Ein **Bauteil** im Sinne dieses Berichts sind raumabschließende Komponenten eines Bauwerks, welche sich aus einzelnen Bauprodukten zusammensetzen und eine einheitliche funktionale Bestimmung erfüllen. Hierzu gehören bspw. Böden, Wände, Decken und Dächer. Bauteile können nicht zerlegt werden, ohne ihre grundlegenden Eigenschaften bzw. ihre Funktion zu verlieren (siehe auch Definition Bauteil nach Nr. 2.14 DIN EN ISO 10209:2012-11 Technische Produktdokumentation; Vokabular; Begriffe für technische Zeichnungen; Produktdefinition und verwandte Dokumentation).

**Baumaterial** ist im Sinne des Berichts ein Überbegriff der sowohl Bauelemente, Bauprodukte, Bausätze, Baustoffe und Bauteile umfasst. Diese Verwendung leitet sich aus dem Namen des Forschungsprojektes ab.

---

**Beseitigung** im Sinne des KrWG ist jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, auch wenn das Verfahren zur Nebenfolge hat, dass Stoffe oder Energie zurückgewonnen werden. Anlage 1 enthält eine nicht abschließende Liste von Beseitigungsverfahren. (§ 3 Nr. 26 KrWG)

Eine **Entledigung** ist anzunehmen, wenn der Besitzer Stoffe oder Gegenstände einer Verwertung im Sinne der Anlage 2 KrWG oder einer Beseitigung im Sinne der Anlage 1 KrWG zuführt oder die tatsächliche Sachherrschaft über sie unter Wegfall jeder weiteren Zweckbestimmung aufgibt (§ 3 Nr. 2 KrWG).

**Recycling** im Sinne des KrWG ist jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind (§ 3 Nr. 25 KrWG).

**Verwertung** im Sinne des KrWG ist jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen. Anlage 2 KrWG enthält eine nicht abschließende Liste von Verwertungsverfahren (§ 3 Nr. 23 KrWG).

**Vorbereitung zur Wiederverwendung** im Sinne des KrWG ist jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, die zu Abfällen geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wieder für denselben Zweck verwendet werden können, für den sie ursprünglich bestimmt waren (§ 3 Nr. 24 KrWG).

**Weiterverwendung** ist der Wiedereinsatz eines Bauproduktes für einen anderen als den ursprünglichen Zweck, wenn das Bauprodukt zwischenzeitlich nicht als Abfall gemäß KrWG eingestuft wurde, es sich also nicht um eine Verwertung handelt (diese Definition ist nicht im KrWG geregelt).

**Wiederverwendung** im Sinne des KrWG ist jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren (§ 3 Nr. 21 KrWG).

## 2.2 Forschungsprojekte und Studien

Durch den Austausch mit internationalen Wissenschaftlern beim COST-Action MINEA-Workshop ‚Prospecting urban minerals and evaluating the recoverability from buildings and infrastructure‘ in Kopenhagen im Jahr 2019 sind keine Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

Die Veröffentlichung des Schlussberichtes des Forschungsvorhabens ‚Stofffluss- und Akteursmodell als Grundlage für ein aktives Ressourcenmanagement im Bauwesen von Baden-Württemberg‘ (StAR-Bau) macht deutlich, dass es für die Thematik der Reduzierung der Ressourceninanspruchnahme durch den Bausektor vielfältige Ansätze gibt. Die Durchführung des Vorhabens wird dadurch nicht negativ beeinflusst, vielmehr wird im Ausblick deutlich, dass das Projekt WieBauin mit der Erhebung und Analyse von Gebäudedaten versucht, durch StAR aufgezeigte Forschungslücken zu schließen. (Volk et al. 2019)

Mit dem zum 1. Februar 2020 in der Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus gestarteten Forschungsprojekt ‚INTEGRAL – Integriertes Konzept für mineralische Abfälle und Landmanagement zur nachhaltigen Entwicklung von Stadt-Land-Nutzungsbeziehungen‘ wurde ein intensiver fachlicher Austausch in verschiedenen Forschungsteilthemen eingeleitet und fortgeführt, um die beiden Ansätze der Wiederverwendung vollständiger Bauteile einerseits und der Verwendung von RC-Baustoffen andererseits zukünftig ganzheitlich betrachten zu können.

---

Bereits 2015 wurden in einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) mit Hilfe einer Hemmnisanalyse die Sachverhalte und Rahmenbedingungen beschrieben, die einem optimalen Umgang mit Bauteilen und Baustoffen entgegenstehen. Darauf aufbauend wurden Lösungsansätze und -strategien sowie Umsetzungsmöglichkeiten und deren Voraussetzungen entwickelt (Dechantsreiter et al. 2015). Das Forschungsvorhaben EUDYSÉ der Technischen Universität (TU) Dresden beschäftigte sich im Zeitraum von 2011 bis 2014 mit den Folgen für die Verwertungswirtschaft, die sich aus einer Verringerung der Bevölkerung und einer damit verbundenen gestiegenen Bauabfallmenge infolge Abrisses ergeben. Mit Berücksichtigung auf die Verwertungsziele wurde in diesem Kontext die Entsorgungs- und Deponieplanung fokussiert (Deutscher 2015).

Bauteilrecycling aus dem Plattenbau war Schwerpunkt im Vorhaben ‚Zukunftsorientierter Umgang mit Plattenbaustrukturen‘. Hierbei wurden Wiederverwendungsmöglichkeiten von demontierten Fertigteilelementen aus Wohnungsbautypen der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) für den Einsatz im Wohnungsbau untersucht. Aus wirtschaftlicher Sicht ließ sich eine Kostenreduzierung von bis zu 25 % der Baukosten durch die Wiederverwendung von Betonfertigteilen als Ergebnis der Untersuchungen positiv verzeichnen. (Asam 2007)

Das Projekt ‚Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand – Datenbanksystem zur Analyse und Bewertung in Bezug auf Kosten, Technologien und Dauern‘ des Instituts für Baubetrieb der TU Darmstadt diente der Weiterentwicklung der von selbigem Institut entwickelten Bewertungsmatrix von Abbruchverfahren hinsichtlich technischer, ökonomischer und nun auch ökologischer Aspekte. Eine effektive Abfallverwertung wird nicht zuletzt dadurch ermöglicht, dass das Abbruchmaterial meist bereits auf der Baustelle vorsortiert wird. Die Kosten wurden getrennt für Abbruch und Entsorgung aufgeschlüsselt und die als Ganzes zu betrachtenden rechtlichen Rahmenbedingungen für Abbrucharbeiten aufgezeigt, darunter auch Umwelt- und Abfallrecht. (Motzko et al. 2016)

Als weitere Forschungsvorhaben lassen sich die ebenfalls bereits abgeschlossenen, vom BMBF geförderten, Projekte ‚Techno-Ökonomische Potenziale der Rückgewinnung von Rohstoffen aus dem Industrie- und Gewerbegebäude-Bestand‘ (PRRIG, Förderkennzeichen (FKZ) 033R100A) und ‚Aktivierung von Flächenpotenzialen für eine Siedlungsentwicklung nach innen – Beteiligung und Mobilisierung durch Visualisierung‘ (AktVis, FKZ 033L188) TU Darmstadt nennen.

Im Projekt PRRIG wurde das in Gewerbe- und Industriegebieten in Südhessen gebundene Rohstoffpotential und dessen Nutzung bei der Siedlungsentwicklung ermittelt. Es wurden Informationen über Rohstoffinventare und Rückflüsse von Sekundärrohstoffen aus dem Sektor der Gewerbe- und Industrieimmobilien bereitgestellt. Die Betrachtung erfolgte auf regionaler Ebene, da diese als besonders geeignete Skala für die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen aus dem Baubestand gilt. Aus den Ergebnissen, darunter auch Erkenntnisse über künftige Entwicklungen des Immobiliensektors der Nichtwohngebäude mittels Materialflussanalyse und der sich hieraus ergebenden Stoffströme von Sekundärrohstoffen, konnten praktische Handlungshilfen entwickelt werden. Auch die ökonomischen Interessen von Immobilieneigentümer:innen, einen großen wirtschaftlichen Mehrwert bei der Verwertung der beim Abbruch gelösten Rohstoffe zu erzielen, fanden Berücksichtigung. Nicht für alle beim Abbruch anfallenden Materialien findet bereits eine Erfassung und Verwertung statt, nur ein kleiner Anteil wird als Recycling (RC)-Baustoff im Hochbau eingesetzt. Bei Abbruchmaßnahmen sollte für den Einzelfall ein geeignetes Abbruch- bzw. Rückbauverfahren ausgewählt werden, indem Umweltaspekte, Wirtschaftlichkeit und Verwertungspotenzial analysiert werden. Die Art des Abbruchverfahrens ist entscheidend dafür, wie gut einzelne Baumaterialien getrennt und so einfacher einer Wiederverwendung zugeführt werden können. (TU Darmstadt, Institut IWAR 2016)

Im Projekt AktVis wurden Strategien zur Aktivierung von Bürgern und Immobilieneigentümer:innen mit dem Ziel der Durchführung von Innenentwicklungsprojekten entwickelt. Eine entscheidende Rolle spielt die Kommunikation der Schlüsselakteure, der Kommune auf der einen und der Bürgerschaft auf der anderen Seite, wobei

es letztere für die Erforderlichkeit und positive Aspekte der Innenentwicklung zu sensibilisieren gilt. Individuelle Vorteile sollen für eine erfolgreiche Innenentwicklung ebenfalls herausgestellt werden. Als geeignete Kommunikationsinstrumente stehen dabei Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerworkshops zur Verfügung, Visualisierung kann unterstützend wirken. Hinsichtlich des Gebäudebestands stehen vor allem kleine und mittlere Kommunen häufig vor Herausforderungen wie alter Bausubstanz und bestehendem oder drohendem Leerstand. (Linke et al. 2019)

Bisher haben die erzielten Ergebnisse aus vorangegangenen Forschungsprojekten zu keinem signifikanten Anstieg der Wiederverwendung von Baumaterialien deutschlandweit geführt. Hier setzt das auf den Landkreis Darmstadt-Dieburg und die Stadt Darmstadt fokussierte Forschungsprojekt WieBauin an. Erkenntnisse bereits abgeschlossener Vorhaben dienten dabei als Impulse und Vorarbeiten für das Projekt WieBauin, das neben der Erfassung von vorhandenen Potenzialen von Baumaterialien auch einen Marktplatz für Bereitsteller und Nutzer wiederverwendbarer Baumaterialien einer Region schafft.

### 2.3 Aktueller Stand von Bauteilbörsen, Gebäude- und Materialkatastern

Der Handel mit gebrauchten Bauteilmaterialien ist elementar für eine nachhaltige Bauwirtschaft. Sofern diese zur Wiederverwendung geeignet sind, müssen gebrauchte, wiederverwendbare Baumaterialien an einem geeigneten Handelsplatz angeboten werden. Immer häufiger gibt es aus diesem Grund Forschungsberichte, in denen Bauteilbörsen angesprochen werden (siehe Kapitel 2.2). An den Bauteilbörsen wird neben der standardmäßigen Organisation des Verkaufs auch nicht selten der Ausbau und Transport der wiederverwendbaren Baumaterialien organisiert (Dechantsreiter et al. 2015, S. 17).

Die Verbreitung von Bauteilbörsen in Deutschland ist noch relativ gering (John und Stark 2021, S. 12 und 19; Dechantsreiter et al. 2015, S. 17). Diese Verbreitung wird u. a. durch die rechtlichen Hürden in Deutschland (siehe Kapitel 4.6.6) eingeschränkt (Dechantsreiter et al. 2015, S. 74).

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat zum Thema der Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten einen Forschungsbericht veröffentlicht, welcher u. a. auch das Thema der Bauteilbörsen näher betrachtet. Hierbei werden die verschiedenen Bauteilbörsen Deutschlands aufgelistet und insbesondere auch weitere Plattformen aus den Nachbarländern Deutschlands wie der Schweiz oder den Niederlanden vorgestellt. Ebenfalls werden die Plattformen SALZA, Madaster und Concular näher beschrieben. Bei SALZA und Madaster handelt es sich um etablierte Plattformen aus der Schweiz bzw. den Niederlanden. Madaster befindet sich darüber hinaus auch in Deutschland im Aufbau. Die nachfolgende Tab. 1 gibt eine Übersicht über die derzeit aktiven Plattformen und Bauteilbörsen in Deutschland (John und Stark 2021, S. 29ff.).

Tab. 1: Übersicht aktiver Vermarktungsplattformen (eigene Darstellung basierend auf John und Stark 2021, S. 29ff.)

Plattform/Bauteilbörse	Gründungsjahr	Kaufprozess
Bauteilnetz	2010	Selbstabholung
Bauteilbörse Berlin-Brandenburg / Brita Marx	2003	Selbstabholung
Bauteilbörse Bremen	2002	Selbstabholung
Bauteilbörse Hannover	2005	Selbstabholung
Restado	2016	Selbstabholung & Lieferung
Concular	2020	Lieferung
Opalis	-	Lieferung
Ebay	-	Selbstabholung & Lieferung



---

Ein weiterer Forschungsbericht des UBA führte eine Analyse durch, welche einzelne Bauteilarten (bspw. Außenfenster, -türen, -tore; Innentüren, Treppen etc.) gesondert betrachtet und hinsichtlich der Eignung für den Handel an Bauteilbörsen analysiert hat (Dechantsreiter et al. 2015, S. 53ff.). Hierbei wurde insbesondere auf die geforderte Produkt- und Vermarktungseigenschaft, den aktuellen Status Quo und auf die Hemmnisse eingegangen, welche hinsichtlich des Verkaufs auf Bauteilbörsen von hoher Relevanz sind. Die Hemmnisse, die hierbei auffallen, sind vielfältig und meist weniger abhängig von den verschiedenen Bauteilarten. Der zeitliche Rahmen bei Rückbaustellen ist nur sehr knapp, sodass zeitaufwendige und vor allem kostenintensive Methoden, wie der selektive Rückbau wiederverwendbarer und gut erhaltener Bauteile, nicht wirtschaftlich sind (Dechantsreiter et al. 2015, S. 73ff.). Diese Art von Rückbau erfordert geschultes Personal, um die Eignung der potenziell wiederverwendbaren Bauteile hinreichend gut zu beurteilen und muss in Absprache mit den Durchführenden geschehen.

Hinzu kommt, dass viele Bauteile, vor allem bei Bauten aus der Nachkriegszeit, nicht bzw. nur schwer beschädigungsfrei ausgebaut werden können, aufgrund der damaligen Einbauart, welche geprägt ist durch verklebte, vergossene und verschweißte Elemente. Dementsprechend muss auch hierfür geeignetes Personal ausgebildet werden, durch welchen die Wirtschaftlichkeit fraglich wird. Hinzu kommt, dass es deutschlandweit noch keine flächendeckenden Annahmestellen wie Bauteilbörsen mit angeschlossenen Lagermöglichkeiten für wiederverwendbare Bauteile gibt, obwohl grundsätzlich eine Nachfrage besteht. Diese ist allerdings nicht immer konsistent und konzentriert sich überwiegend auf historische Bauteile. So finden sich eher weniger Abnehmer für bspw. gut erhaltene Sanitärobjekte. Es wurde festgestellt, dass nicht der Ausbau und Transport der Bauteile die meiste Zeit in Anspruch nimmt, sondern die Koordination und Kommunikation mit den jeweiligen Zuständigen, welche oft nicht über ausreichende Kenntnisse zum Sachverhalt verfügen. (Dechantsreiter et al. 2015, S. 74ff.)

So ist es möglich, dass auch kleinere Vorhaben, bei denen nur wenige Bauteile geborgen werden, immensen Koordinations- und Kommunikationsaufwand mit sich bringen, was wiederum dazu führt, dass das Vorhaben unwirtschaftlich wird. Dementsprechend sollten Bauteilbörsen so früh wie möglich in den Rückbauprozess eingebunden werden (Knappe und Theis 2016, S. 6). Bauteilbörsen dienen der Generierung von Erfahrungswerten und schaffen gleichzeitig eine Plattform, das Thema der Wiederverwendung von gebrauchten Baumaterialien weiter zu verbreiten. Potenziell können sie dadurch Vermarktungsprozesse vorantreiben und den Abbau genannter Hemmnisse fördern. Ihre frühzeitige Einbindung in den Koordinationsprozess und ein flächendeckendes Angebot an Bauteilbörsen kann den Koordinationsaufwand für die zuständigen Projektträger senken. Ein standardisiertes Verfahren für solche Projekte wäre demnach essenziell.

Weitere Konzepte, wie bspw. Materialkataster, die geführt werden können, um einzusehen, welche Baumaterialien in den jeweiligen Gebäuden verbaut wurden, können die Kreislaufwirtschaft vorantreiben und einen positiven Beitrag zur Wiederverwendung von Baumaterialien leisten. Materialkataster sind bisher allerdings wenig verbreitet. Als ein Material-/ Produktkataster wird Madaster ([www.madaster.de](http://www.madaster.de)) geführt. Die Plattform ermöglicht die Integration von BIM-Modellen bestehender oder neugebauter Immobilien und zielt auf die Erstellung von Gebäuderessourcenpässen ab, die Aufschluss über eine mögliche Wiederverwendung verbauter Materialien geben können und somit eine Aussage über die Nachhaltigkeit von Immobilien treffen. (Madaster Germany GmbH 2024)

In der Provinz Bozen in Südtirol wird zu steuerlichen Zwecken ein Grundbuch- und Gebäudekataster geführt. Hier sind einzelne Liegenschaften sowie detailliertere Informationen zu diesen aufgeführt. Auszüge aus dem Kataster können für die Steuererklärung online abgerufen werden (Südtiroler Landesverwaltung 2023; Autonome Provinz Bozen 2023). Das Gebäudekataster der Stadt Stuttgart wurde im Rahmen des Projektes ‚Stadt mit Energieeffizienz (SEE Stuttgart)‘ dazu genutzt, adressscharfe Daten zu Alter, Nutzung und Geschosse der Gebäude im Stadtgebiet abzurufen, die nachfolgend die Erstellung von Energiebilanzen unterstützten (Beck et al.

---

2013). Inwieweit darüber hinaus Gebäudekataster geführt werden, ist nicht bekannt. Die Daten aus Gebäudekatastern können neben dem Thema der Wiederverwendung von Baumaterialien auch für die Ermittlung von Potenzialflächen, etwa für Solarenergiegewinnung, von Interesse sein (Hausl und Biberacher 2012).

Im Rahmen des Projektes ‚RessStadtQuartier – Urbanes Stoffstrommanagement: Instrumente für die ressourceneffiziente Entwicklung von Stadtquartieren‘ (FKZ 033W109A, Laufzeit 01.03.2019-31.08.2024) wurde ein Gebäude-Material-Kataster als Teil eines Geoinformationssystems (GIS) von der Firma UMGIS Informatik GmbH entwickelt, das analoge und digitale Gebäudemodelle zusammenführt und Anwendungen im kommunalen Bereich dient. Darüber hinaus ist die Übertragbarkeit auf andere Geoinformationssysteme gewährleistet. Integriert sind konstruktionsbezogene wie materialbezogene Daten. (TU Darmstadt o. J.)

---

### **3. Vorgehen, Arbeits- und Zeit- und Zuwendungsplanung**

---

Das Projekt WieBauin zielt mit einem ganzheitlichen Ansatz hinsichtlich der Wiederverwendung von Baumaterialien auf eine Verbesserung der Umweltfreundlichkeit des ressourcenintensiven Bausektors sowie eine ökologisch und ökonomisch vorteilhafte Gestaltung des Stoffstromsystems zwischen Stadt und Land ab. Entwicklungen hin zu Innenentwicklung und Vermarktungswegen wiederverwendbarer Baumaterialien bedürfen dabei großer Investitionssummen. Der Projektablauf unterteilt sich wesentlich in eine dreijährige Forschungs- und Entwicklungsphase sowie eine daran anknüpfende zweijährige Umsetzungs- und Verstetigungsphase, wobei eine Unterteilung in einzelne Arbeitspakete einen koordinierten Ablauf gewährleistet. Als Pilotvorhaben soll WieBauin Erkenntnisse für eine breitere Umsetzung liefern und so einen Beitrag zur Nachhaltigkeit im Bausektor leisten.

#### **3.1 Kooperationspartner**

Die Kooperationspartner lassen sich grundsätzlich in wissenschaftliche Partner in Gestalt dreier Fachgebiete der TU Darmstadt, die beteiligten Kommunen und die assoziierten Partner gliedern, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

##### **3.1.1 Fachgebiete der TU Darmstadt**

In den nachfolgenden Absätzen werden die drei beteiligten Fachgebiete der TU Darmstadt – Fachgebiet Landmanagement, Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung und Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft – vorgestellt.

##### **Fachgebiet Landmanagement**

Herr Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke leitet das Fachgebiet Landmanagement (LM) am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, dessen Forschungsthemen vom Nachweis des Eigentums an Grund und Boden und seiner Bestandteile über die Planung städtebaulicher und fachplanerischer Entwicklungen und deren eigentumsrechtliche und organisatorische Umsetzung bis hin zur Untersuchung der Auswirkungen solcher Vorhaben auf den Wert von Immobilien durch Analyseinstrumente und Bewertungsverfahren reichen. Seit 2009 wird der Umgang mit Bestandsimmobilien im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht. Es wurden Möglichkeiten der Anpassung des kommunalen Immobilienbestandes an zukünftige Anforderungen untersucht und ein regionales Gebäudekataster zur Steigerung der Ressourceneffizienz entwickelt (Forschungsprojekt PPRIG). Weitere Forschungsbausteine sind das Thema der städtebaulichen Innenentwicklung aufgrund des demografischen Wandels und des Klimawandels (Forschungsprojekt AktVis) und die Konzeption einer berufsbegleitenden Weiterbildung im Rahmen des Zertifikatsprogramms ‚Städtebauliche Innenentwicklung‘. Wie in Kapitel 2.2 dargestellt, bildeten die Ergebnisse vorangegangener Forschungsprojekte, wie PPRIG und AktVis, eine wesentliche Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung von WieBauin.

##### **Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung**

Das Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung (est) am Fachbereich Architektur der TU Darmstadt, unter der Leitung von Frau Prof. Dr.-Ing. Annette Rudolph-Cleff, beschäftigt sich neben wohnwirtschaftlichen Themen insbesondere mit der Fragestellung, welche Chancen sich für eine nachhaltige Stadtentwicklung ergeben, wenn die Potenziale der Interaktion von Gebäuden im Kontext von Quartier und Stadt stärker genutzt werden. In zahlreichen Forschungsprojekten beschäftigt sich est mit der Ressourceneffizienz im Bereich der Ver- und Entsorgungssysteme, der umwelt- und gesellschaftsverträglichen Transformation des Energiesystems und den

---

Möglichkeiten durch Low-Impact-Strukturen nachhaltige und robuste Strukturen zu entwickeln. Darüber hinaus leitet seit 2014 das europäische Team im internationalen Wettbewerb ‚Designing Resilience in Asia‘ und berät im Rahmen von Gutachtertätigkeiten Städte und Gemeinden sowie Wohnungsbaugesellschaften.

### **Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft**

Das dritte beteiligte Fachgebiet der TU Darmstadt ist das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft (SuR) am Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften unter der Leitung von Frau Prof. Dr. rer. nat. Liselotte Schebek. Das Fachgebiet befasst sich mit Stoff- und Materialkreisläufen innerhalb der Anthroposphäre sowie zwischen Anthroposphäre und natürlicher Umwelt. Mit Hilfe von Stoff-/Materialstromanalysen werden Kreisläufe erneuerbarer und nicht erneuerbarer Rohstoffe untersucht, während Ökobilanzen den Lebenszyklus von Produkten von der Rohstoffentnahme über die Fertigung und Nutzung bis zur Entsorgung analysieren. Für das Forschungsprojekt WieBauin und die Realisierung eines nachhaltigen Stoffstrommanagements sind vor allem die Ergebnisse vergangener Projekte aus den Bereichen Urban Mining, Kreislaufwirtschaft und dem Baubereich generell von Bedeutung. In Zusammenarbeit mit dem Darmstädter Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen (EAD) wurden bereits die Probleme der Darmstädter Abfallwirtschaft identifiziert und darauf aufbauend Strategien entwickelt, um die vorhandenen Wertstoffe unter Berücksichtigung einer nachhaltigen Ressourcennutzung zu erschließen und zu verwerten sowie eine Optimierung der Behandlungsprozesse zu erreichen.

#### **3.1.2 Kommunen**

Nachfolgend werden die beiden beteiligten Kommunen – Münster (Hessen) und Otzberg – vorgestellt.

##### **Gemeinde Münster**

Die Gemeinde Münster als Mittragsteller des Forschungsprojektes WieBauin ist durch einen historischen Ortskern mit einer Vielzahl von ehemals landwirtschaftlich genutzten Hofstellen und (Land-)Arbeiterwohnhäusern geprägt und weist nur vereinzelt in die Wohnbebauung integrierte Einzelhandelsbetriebe auf. Dem drohenden erheblichen strukturellen Leerstand, verbunden mit einer Segregation der Bevölkerung, soll durch eine ortsbildverträgliche Stadtteilerneuerung entgegengewirkt werden. Während erhaltenswerte Gebäude an neuzeitliche energetische und wohnliche Ansprüche angepasst werden können, wird bei nicht erhaltenswerter Bausubstanz ein Abriss mit anschließender Neubebauung favorisiert. Die Umstrukturierungsmaßnahmen sollen darüber hinaus attraktive öffentliche Räume schaffen, die Belange des ruhenden Verkehrs berücksichtigen und die Deckung des Wohnungsbedarfs im Bestand der Ausweisung von Neubaugebieten am Ortsrand vorziehen. Auf der Basis einer offenen Kommunikation mit Bürger:innen und Eigentümer:innen wird eine breite Zustimmung zu den verfolgten Zielen angestrebt, da neben der strukturellen Ausgangslage und dem politischen Willen auch das Engagement der Bevölkerung als unabdingbare Voraussetzung für die Fortführung von Innenentwicklungsmaßnahmen angesehen wird.

##### **Gemeinde Otzberg**

Auch die Gemeinde Otzberg, ebenfalls Mittragsteller des Forschungsprojektes WieBauin, verfügt mit ihren sechs Ortsteilen über einen historischen Ortskern mit einer Vielzahl historischer Gebäude aus landwirtschaftlich geprägten Zeiten. Bereits seit 2014 ist Otzberg mit seinen Ortsteilen in das Förderprogramm Dorfentwicklung des Landes Hessen aufgenommen und strebt den Vorrang von Innenentwicklungsmaßnahmen vor der Außenentwicklung an. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass sich Otzberg aufgrund seiner Lage und der vorhandenen Verkehrsanbindung immer mehr zu einem interessanten Wohnstandort für Neubürger:innen entwickelt,

---

wodurch entsprechender Wohnraumbedarf und Leerstände in den alten Ortskernen resultieren, gewinnen Maßnahmen der Innenentwicklung zunehmend an Bedeutung. Da die Gemeinde selbst kaum über Flächen und Gebäude verfügt, ist sie stark auf die Mitwirkung der überwiegend privaten Immobilieneigentümer:innen angewiesen und eine Einbindung der Bevölkerung ist daher unerlässlich.

### **3.1.3 Landkreis Darmstadt-Dieburg**

Der Landkreis Darmstadt-Dieburg (LaDaDi) und seine kreisangehörigen Städte und Gemeinden können bereits auf Erfahrungen in verschiedenen Bereichen der Abfallbeseitigung und -verwertung zurückgreifen. Durch die Nutzung von Synergieeffekten, den Willen zur Vermeidung und Trennung sowie die Zentralisierung der Entsorgungsaufgaben durch den Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung Darmstadt-Dieburg (ZAW) konnten die Kosten für die Sammlung und Entsorgung von Abfällen in den letzten 30 Jahren deutlich gesenkt werden. Erfahrungen im Bereich der Entsorgung von Elektroschrott und der Vorbereitung zur Wiederverwendung von reparierten Elektrohaushaltsgeräten sind durch die AZUR GmbH bereits vorhanden und bilden die Grundlage für die Entwicklung eines Geschäftsmodells zur Vermarktung von wiederverwendbaren Komponenten. Als weitere, vor allem in der Forschungs- und Entwicklungsphase beteiligte Institutionen können neben dem genannten ZAW die Dorfentwicklung, die Denkmalpflege, die Bauaufsicht sowie das Regionalmanagement des Landkreises genannt werden. Die Dorfentwicklung bzw. Regionalentwicklung übernimmt dabei eine beratende Funktion für Städte und Gemeinden bzw. Eigentümer:innen hinsichtlich der Fördermöglichkeiten im Rahmen der Dorfentwicklung und tritt als Vermittler von historischen Baumaterialien für den Einsatz bei Sanierungsprojekten in der Region auf. Die Denkmalpflege ist an der Entscheidung beteiligt, welche Objekte als denkmalwürdig eingestuft und erhalten werden und welche abgebrochen werden dürfen. Sie berät in diesem Zusammenhang die Eigentümer:innen über Fördermöglichkeiten bei der Sanierung denkmalgeschützter Gebäude. Bei geplanten Abbrüchen von Gebäuden ist die Bauaufsicht als Genehmigungsbehörde zu beteiligen, die beratend für die Antragsteller von Abbrucharträgen tätig wird.

### **3.1.4 Assoziierte Partner**

Im Folgenden werden die assoziierten Partner des Forschungsprojektes – Stadt Darmstadt, Restado UG / Concular GmbH, IKGIS e.V. und Kompetenzzentrum Innenentwicklung – vorgestellt.

#### **Stadt Darmstadt**

Die Stadt Darmstadt beteiligt sich als assoziierter Partner neben dem Landkreis Darmstadt-Dieburg in Kooperation mit der EAD an der Entwicklung und Umsetzung des Geschäftsmodells zur Vermarktung von wiederverwendbaren Bauteilen bzw. der Verwertung von Baustoffen. Darüber hinaus sind die Denkmalpflege, die Bauaufsicht und die Stadtentwicklung der Stadt Darmstadt als Berater und Multiplikatoren der Forschungsergebnisse in das Projekt eingebunden.

#### **Restado UG / Concular GmbH**

Die technische Umsetzung der umfassenden Informationsplattform zur Förderung der Wiederverwendung wird im Rahmen des Forschungsvorhabens kostenfrei durch das Unternehmen restado UG zur Verfügung gestellt (siehe Kapitel 4.4). Restado betreibt seit der Gründung im Jahr 2017 deutschlandweit einen digitalen Marktplatz für den An- und Verkauf von wiederverwendeten Baustoffen (restado UG 2021) und kann durch die bereits gesammelten Erfahrungen die Umsetzung im Rahmen des Forschungsprojektes zielführend unterstützen. Während restado vorwiegend einen Marktplatz für wiederverwendbare Baumaterialien bietet, fokussiert sich die

---

Concular GmbH (Gründung 2020) auf Kreisläufe auf Gebäudeebene und unterstützt diese durch vielfältige digitale Lösungen und Beratungsangebote (Concular GmbH). Da restado heute zur Concular GmbH gehört, wird nachfolgend im Bericht stets Concular GmbH verwendet.

### **IKGIS e.V.**

Das Institut für kommunale Geoinformationssysteme IKGIS e.V. besteht aus Forschungseinrichtungen und kommunalen Vertreter:innen und verfolgt das Ziel der Fortbildung im Bereich Geoinformation und Landmanagement im kommunalen Bereich. Im Rahmen des Forschungsprojektes unterstützt IKGIS die Entwicklung der Gebäude- und Materialdatenbank und deren Umsetzung mit dem langfristigen Ziel, die Datenbank über die Geodateninfrastruktur Südhessen allen Städten und Gemeinden zur Verfügung zu stellen und so die Möglichkeit zu schaffen, ein flächendeckendes Gebäude- und Materialkataster aufzubauen. Neben der unterstützenden Tätigkeit fungiert das IKGIS als Multiplikator der Ergebnisse des Forschungsprojektes und als Berater der Kommunen in seinen regelmäßigen Fortbildungsveranstaltungen.

### **Kompetenzzentrum Innenentwicklung**

Das Kompetenzzentrum Innenentwicklung, gegründet von Partnern aus Wirtschaft und Forschung, berät Gemeinden und Städte in Fragen der städtebaulichen Innenentwicklung. In diesem Zusammenhang werden Weiterbildungsangebote mit dem Ziel des Erfahrungsaustausches zwischen Städten und Gemeinden sowie konkrete Einzelprojekte durchgeführt, die Städten und Gemeinden Instrumente zur Umsetzung einer qualifizierten Innenentwicklung an die Hand geben. Das Kompetenzzentrum Innenentwicklung fungiert im Rahmen des Forschungsprojektes als Multiplikator der Ergebnisse in Fortbildungs- und Beratungsangeboten für Städte und Gemeinden und bringt die Erfahrungen der von ihm entwickelten Instrumente zur städtebaulichen Innenentwicklung ein.

## **3.2 Arbeits- und Zeitplanung**

Das Projekt gliederte sich gemäß des Ablaufplans in insgesamt 14 Arbeitspakete (siehe Abb. 2) und zielte auf die Identifizierung und Vermarktung von Baumaterialien ab, die im Rahmen von Umstrukturierungs- und Rückbauprozessen gewonnen werden können. In diesem Zusammenhang sollte ein regionaler Stoffkreislauf aufgebaut werden. Die Arbeitspakete waren dabei aufeinander aufbauend konzipiert, bedingten sich aber auch durch Rückkopplungsprozesse, sodass Iterationen zwischen den einzelnen Arbeitsschritten möglich waren. Entscheidenden Input lieferte dabei die kontinuierlich begleitende Beteiligung der Akteure in den Kommunen und Wertungsbetrieben sowie weiterer in den Projektablauf eingebundener Partner.

Zur Zielerreichung gliederte sich das Projekt in eine dreijährige Forschungs- und Entwicklungsphase und eine anschließende Umsetzungs- und Verstetigungsphase von zwei Jahren. Die Forschungs- und Entwicklungsphase selbst wurde in drei Bereiche unterteilt, die Bestandsanalyse (Teilprojekt (TP) 1 bis 4), die Strategieentwicklung (TP 5 bis 7) und die Analyse der erzielbaren Effekte/Wirkungsabschätzung (TP 8 bis 10). Die Umsetzungs- und Verstetigungsphasen beinhaltete neben der Umsetzung der Vermarktungsstrategie (TP 11), die Implementierung der Beratung von Immobilieneigentümer:innen (TP 12) sowie Bauherr:innen und Architekt:innen (TP 13).

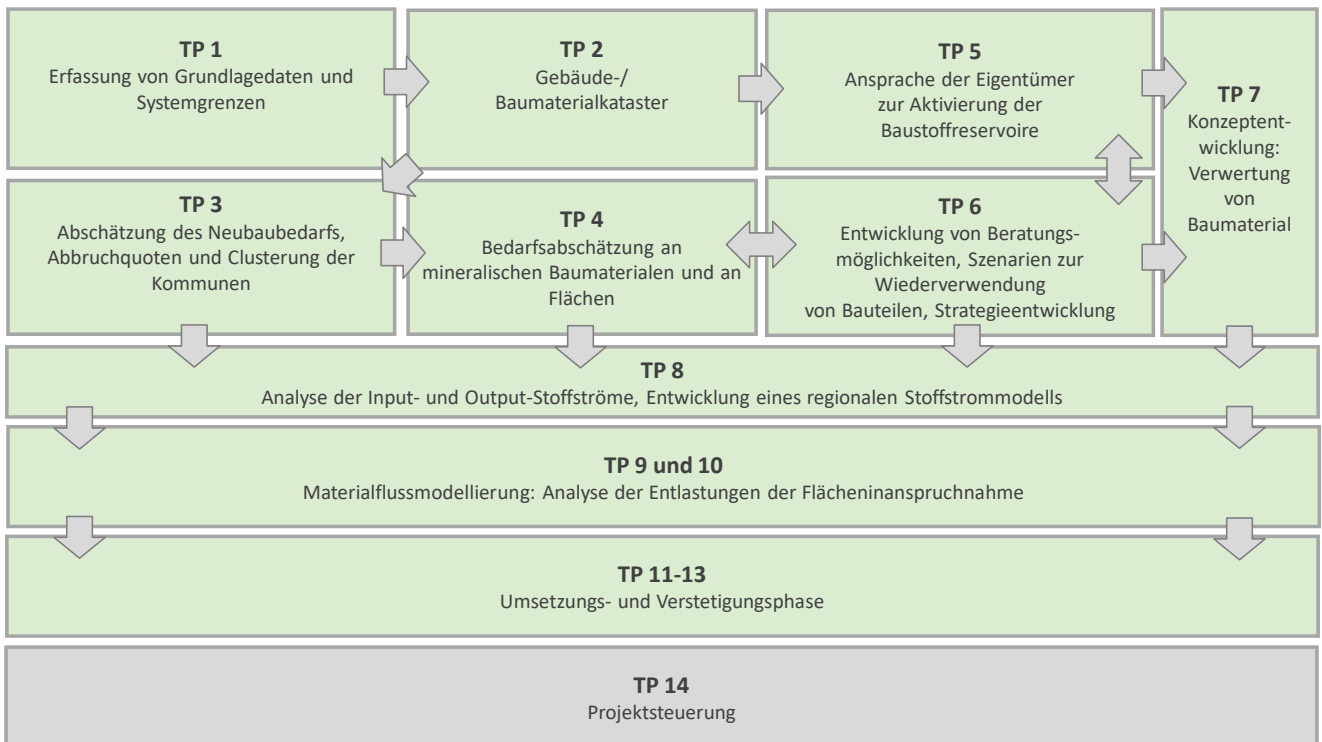


Abb. 2: Schematischer Ablauf des Forschungsvorhabens (eigene Darstellung)

Die Koordination des Projektes (TP 14) oblag der Projektsteuerung, die als zentraler Ansprechpartner nach außen fungierte und die Öffentlichkeitsarbeit des Projektes übernahm. Die Rolle der Projektsteuerung wurde von dem Fachgebiet LM der TU Darmstadt übernommen. Nach der Erstellung eines Projektstruktur- und Projektablaufplanes zu Beginn des Projektes zählte die Fortführung derer sowie die Organisation und Moderation der mindestens zweiwöchentlich stattfindenden Abstimmungstreffen der Projektpartner zu den Aufgaben der Projektsteuerung. Als zentraler Ansprechpartner war sie sowohl für den Projektträger als auch für potenzielle Interessenten erreichbar und mit der Pflege einer projektbezogenen Internetseite, der Veröffentlichung von Publikationen in lokalen Zeitungen und Ergebnissen in öffentlichen Veranstaltungen und Sitzungen politischer Gremien für die Politik und die Bürger:innen der Region präsent.

Abb. 3 stellt ergänzend die Arbeits-, Zeit- und Meilensteinplanung des Projektes dar, wobei als Meilensteine der Abschluss der Bestandsanalyse zum Ende des zweiten Jahres der Forschungs- und Entwicklungsphase und der Abschluss der Forschungs- und Entwicklungsphase festgelegt wurden.

Quartal/Forschungsjahr	Forschungs- und Entwicklungsphase												Umsetzungs- und Verfestigungsphase							
	I/1	II/1	III/1	IV/1	I/2	II/2	III/2	IV/2	I/3	II/3	III/3	IV/3	I/4	II/4	III/4	IV/4	I/5	II/5	III/5	IV/5
<b>Teil 1: Bestandsanalyse</b>																				
TP 1: Grundlagedaten																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
<b>TP 2: Baumaterialkataster</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
	Münster																			
	Otzberg																			
<b>TP 3: Bausektoranalyse</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
<b>TP 4: Gesamtnachfrage und Flächenbedarf</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
<b>Teil 2: Strategieentwicklung</b>																				
<b>TP 5: Eigentümeransprache</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
	Münster																			
	Otzberg																			
<b>TP 6: Wiederverwendung</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
	LaDaDi																			
<b>TP 7: Verwertung</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
	LaDaDi																			
<b>Teil 3: Wirkungsabschätzung</b>																				
<b>TP 8: Szenarioanalyse</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
<b>TP 9: Modellierung Stoffströme</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
<b>TP 10: Flächeninanspruchnahme</b>																				
	LM																			
	est																			
	SuR																			
<b>Teil 4: Umsetzung und Verfestigung</b>																				
<b>TP 11: Vermarktungskonzept</b>																				
	LM																			
	LaDaDi																			
<b>TP 12: Initiierung Innenentwicklung</b>																				
	LM																			
	Münster																			
	Otzberg																			
<b>TP 13: Beratung</b>																				
	est																			
<b>TP 14: Projektsteuerung</b>																				
	LM																			

Meilenstein 1                      Meilenstein 2

Abb. 3: Arbeits-, Zeit- und Meilensteinplanung (eigene Darstellung)



---

### 3.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Bausektor ist einer der ressourcenintensivsten Wirtschaftszweige, insbesondere hinsichtlich der anfallenden Abfallmengen, denn er ist für rund 55 % des gesamten Abfallaufkommens in Deutschland verantwortlich (Destatis 2022). Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass häufig beim Abriss oder der Sanierung von Gebäuden kein hochwertiges Recycling intakter Materialien stattfindet, obwohl Baustoffe sehr langlebig sind. Ressourcenschonung kann jedoch durch effiziente Planung und somit eine möglichst lange Nutzung von Gebäuden erreicht werden. Lange Nutzungsdauern lassen sich z. B. durch Umnutzung oder Umbau statt Abriss, den Einsatz entsprechend hochwertiger Materialien oder anpassungsfähige Gebäudestrukturen erreichen. Ist eine Umnutzung des gesamten Gebäudes nicht möglich, sollte zumindest ein möglichst hoher Anteil der Baumaterialien wiederverwendet werden. Dies bringt nicht nur finanzielle Vorteile durch die Einsparung von Entsorgungskosten mit sich, sondern trägt auch zum Erhalt traditioneller Bauweisen und Handwerkskunst sowie der Identität des Ortes bei.

Ergänzend kommt hinzu, dass Städte und Gemeinden entsprechend der Vorgaben des Baugesetzbuches (BauGB) zur Deckung von Wohnraum- und Gewerbeflächenbedarf zur Entwicklung von Innenbereichsflächen durch Aktivierung, Umnutzung bzw. Nachverdichtung angehalten sind (Innenentwicklung), ehe sie Flächen im Außenbereich erstmalig für Siedlungszwecke in Anspruch nehmen. Da diese Prozesse im Innenbereich deutlich komplexer und kostspieliger sind als eine erstmalige Flächeninanspruchnahme, können zur Unterstützung der Umstrukturierungsaufwendungen die anfallenden Baumaterialien in den ertüchtigungsbedürftigen und für den Rückbau vorgesehenen Bauten einer Verwertung respektive Wiederverwendung zugeführt werden. So kann neben der Schaffung zusätzlicher Umsetzungsanreize für Projekte der Innenentwicklung auch die Menge neuer Baumaterialien reduziert werden. Durch die Einführung einer Vermarktungsstruktur soll ein effizienter Vertrieb im stadtreionalen Kontext und die Verwendung von Baumaterialien aus Ortserneuerung in Wachstumsbereichen ermöglicht werden.

Im Projekt WieBauin wird daher das Thema der Wiederverwendung von Baumaterialien mit einem ganzheitlichen Ansatz angegangen, um so die Umweltfreundlichkeit des Bausektors zu verbessern und das Stoffstromsystem zwischen Stadt und Land zum beiderseitigen ökologischen und ökonomischen Vorteil zu gestalten, auch weil wachsende Ballungsräume und Städte extrem energie- und ressourcenhungrig sind, die dafür benötigten Rohstoffe aber meist in ländlichen Regionen gewonnen werden, die unter den Umweltauswirkungen zu leiden haben.

Die Pilotumsetzung im Rahmen von WieBauin liefert somit notwendige Erfahrungen und Best Practices für eine zukünftig breite Umsetzung hinsichtlich der Wiederverwendung von Baumaterialien. Eine solche Entwicklung kann nur mit Hilfe hoher Investitionssummen ermöglicht werden, die weder von den antragstellenden Kommunen noch von den beteiligten Forschungseinrichtungen des Vorhabens getragen werden können. Ohne eine Förderung ist daher ein solches Vorhaben nicht im erforderlichen Umfang und mit entsprechendem Nutzen für die Allgemeinheit möglich. Auch wenn Ressourcenschonung und Innenentwicklung sowie der damit einhergehende Flächen- und Bodenschutz grundsätzlich als globale Aufgaben anzusehen sind, ist eine Förderung im Rahmen des von der EU initiierten Forschungsprogramms Horizon 2020 auf Grund der Fokussierung auf die Region Südhessen nicht zielführend. Eine Kooperation mit weiteren europäischen Partnern in etwaigen Folgevorhaben im Rahmen von Horizon 2020 wird grundsätzlich als Möglichkeit gesehen.

---

### **3.4 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises zur Verwendung der Zuwendung**

Die einzelnen Positionen des zahlenmäßigen Nachweises des Zuwendungsempfängers TU Darmstadt mit den drei ausführenden Stellen Fachgebiet Landmanagement, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft sowie Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung wurden separat von der TU Darmstadt an den Projektträger übermittelt.

### **3.5 Systemgrenzen**

Während in den Gemeinden Otzberg und Münster Informationen bezüglich Gebäudeleerstand und Akteursstrukturen bereits aus dem Forschungsprojekt AktVis bekannt waren, wurde eine Analyse der Akteure und für das Projekt relevanter Infrastrukturen in der Stadt Darmstadt und dem LaDaDi mittels Netzwerkanalyse aufbauend auf durchgeführten Interviews vorgenommen. Dabei wurden auch die aktuellen Stoffströme von Baumaterialien nach Art und Menge sowie deren Behandlung und Verbleib erfasst, um darauf aufbauend Messgrößen ableiten zu können, mit denen die durch das Forschungsprojekt initiierten Veränderungen erfasst werden können. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde im Rahmen eines eintägigen internen Workshops im Oktober 2018 die Systemgrenzen des Vorhabens resultierend aus den erhaltenden Ergebnissen von den geförderten und assoziierten Forschungspartnern festgelegt. Des Weiteren wurden die Besonderheiten der Forschungsregion ermittelt und die Übertragbarkeit der in der Forschungsregion erzielten Ergebnisse auf andere Regionen abgeschätzt. Die definierten Systemgrenzen wurde im Rahmen des öffentlichkeitswirksamen Kickoff-Workshops im Oktober 2018 neben der grundsätzlichen Idee des Forschungsprojektes der Öffentlichkeit präsentiert und in der nachfolgenden Diskussion überprüft.

---

## 4. Ergebnisse und Verwertbarkeit

---

Die im Rahmen von WieBauin in diesem Kapitel aufgeführten Ergebnisse stehen nach Projektende Interessierten zur Verfügung. Die entwickelte Gebäude- und Materialdatenbank mit dem dazugehörigen Erfassungsbogen können bei Übertragung auf andere Gemeinden der Datenerhebung dienen und so den ersten Schritt für die Wiederverwendung von Baumaterialien bieten. Bei der Umsetzung kann auf die beschriebenen Leitfäden zur Einbindung von Eigentümer:innen leerstehender Immobilien (siehe Kapitel 4.3), zur Umsetzung des Geschäftsmodells (siehe Kapitel 4.4) sowie das Weiterbildungstool für Bauherr:innen und Architekt:innen (siehe Kapitel 4.6) zurückgegriffen werden. Das regionale Stoffstrommodell (siehe Kapitel 4.5) zeigt Handlungsbedarfe und -möglichkeiten auf.

### 4.1 Gebäude- und Materialdatenbank

Um eine Abschätzung der zukünftig aus Gebäudeabbrüchen zur Verfügung stehenden Baumaterialien vornehmen zu können, ist eine Erfassung der aktuell und zukünftig zum Abbruch anstehenden Gebäude hinsichtlich der dort vorhandenen Baumaterialien erforderlich. Ein wichtiger Anhaltspunkt für die Erfassung zum Abbruch anstehender Gebäude liefert ein vorhandener bzw. zu erwartender struktureller Gebäudeleerstand. Ein struktureller Gebäudeleerstand ist anzunehmen, wenn eine Weiter- oder Nachnutzung von Gebäuden aufgrund technischer, rechtlicher oder ökonomischer Faktoren über einen nicht absehbaren Zeitraum nicht erwartet werden kann und damit nur ein Rückbau des leerstehenden Gebäudes eine Nachnutzung des Grundstücks ermöglicht.

Um eine solche Erfassung entweder durch die Gemeinde oder die Immobilieneigentümer:innen vornehmen zu können, bedarf es eines geeigneten Erfassungs- und Dokumentationstools von Gebäuden die strukturell leer stehen bzw. zu erwarten ist, dass diese zukünftig strukturell leer stehen werden. Für dieses Forschungsprojekt konnte auf ein im Rahmen des vom BMBF finanzierten Forschungsprojektes ‚AktVis‘ (2017–2019, FKZ 033L188) erstelltes qualifiziertes Gebäudeleerstandskataster (einschl. zukünftig zu erwartender Leerstände) für ausgewählte Ortsteile der Gemeinde Münster und der Gemeinde Otzberg sowie das im Auftrag des Regionalmanagements des Landkreises Darmstadt-Dieburg durch das Amt für Bodenmanagement Heppenheim für alle übrigen Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg erstellte Kataster zur Identifizierung von Innenentwicklungspotenzialen zurückgegriffen werden. Im letztgenannten sind auch aktuelle und zukünftig zu erwartende Gebäudeleerstände enthalten.

Da zu den als strukturell leerstehend identifizierten Gebäuden keine hinreichenden Informationen zur Bauweise und dementsprechend entnehmbaren und verwertbaren Baumaterialien vorlagen, ist eine originäre Erfassung von typischen Gebäuden erforderlich. Für eine solche Erfassung durch die Gemeinde bzw. auch den einzelnen Immobilieneigentümer:innen wurde eine entsprechende WebGIS-Applikation und ein Erfassungsbogen entwickelt.

#### 4.1.1 Konzept und Umsetzung der Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung

Zur systematischen Erfassung von den in Gebäuden enthaltenen wiederverwendbaren Baumaterialien wurde ein Datenbankmodell zur Erfassung solcher Baumaterialien entwickelt und unter Verwendung von Open-Source-Software (hier PostgreSQL, QGIS) zwei nachfolgend beschriebene Datenbanken mit Webanwendung zur Erfassung der Daten prototypisch entworfen, umgesetzt und erprobt. Mithilfe der entwickelten Anwendung können für beliebige Gebäude dort enthaltene Baumaterialien in den Datenbanken abgespeichert werden. Erfasst werden vor allem solche Baumaterialien bzw. Bauteile, die wiederverwendet werden können, d. h. bspw. Türen und Fenster. Eine nähere Erläuterung zu den erfassbaren Baumaterialien und der Art ihrer Erfassung wird

im nachstehend erläuterten Erfassungsbogen beschrieben. Die entworfene und umgesetzte Gebäude- und Materialdatenbank liegt als Prototyp vor und kann z. B. durch Gemeinden oder einzelne Eigentümer:innen zur Erfassung von Gebäudebeständen, bspw. im Rahmen einer Begehung, eingesetzt werden.

Das Frontend der Webanwendung enthält eine Webseite die aus vier Einzelseiten besteht:

- eine Gebäudegesamtübersicht (Abb. 4),
- eine Übersicht über jedes einzelne Gebäude (Abb. 5) sowie
- Tool zum Hinzufügen von Baumaterialien (Abb. 6).

Straße	Hausnr.	PLZ	Ort	Baujahr	Höhe	Grundfläche	Aktionen
Otzbergstraße	6	64839	Münster	1922	9.97	107.903258499825	DETAILS KOMPONENTE HINZUFÜGEN LÖSCHEN
Hauptstraße	1	64839	Münster	1965	11.812	92.810703499504	DETAILS KOMPONENTE HINZUFÜGEN LÖSCHEN
Walterstraße	24	64839	Münster	1965	9.511	76.2855170004194	DETAILS KOMPONENTE HINZUFÜGEN

Abb. 4: Übersicht über alle in einer Gemeinde erfassten Gebäude (eigene Darstellung)

**Gebäudedetails**

Straße:  Hausnummer:

PLZ:  Stadt:

Baujahr:

ZURÜCK SPEICHERN

**Türen** keine Einträge

**Fenster** keine Einträge

**Außenwände**

ID	Material	Volumen [m³]	Jahr	Gebäude ID	Aktionen
2	Bruchstein	39.204	1927	6	🗑️
3	Backstein	50.8725	1927	6	🗑️
4	Backstein	5.828	1927	6	🗑️

Abb. 5: Übersicht zu den für ein Gebäude erfassten Baumaterialien (eigene Darstellung)

## Komponente hinzufügen

Gewähltes Gebäude: Otzbergstraße 6, 64839 Münster

DIN 276 / 330 340 - Fenster

Anzahl *		Stück	Material *	
3			Holzrahmen	
Alter *			Fensterfläche pro Fenster *	m <sup>2</sup>
1999			2	

Abb. 6: Tool zur Erfassung einzelner Baumaterialien (eigene Darstellung)

Zu jedem Gebäude wird die Adresse und das Baujahr erfasst. Mithilfe der ergänzend hinzugezogenen City-GML-Daten zu jedem Gebäude (hier in der LoD2-Auflösung), die in Hessen durch die Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation zur Verfügung gestellt werden, kann für jedes eingegebene Gebäude die Grundfläche und Höhe dieses Gebäudes berechnet und auf der Übersichtsseite zum Gebäude dargestellt werden. Die Einzelübersicht zu jedem Gebäude enthält auch eine Auflistung der erfassten Baumaterialien. Die Eigenschaften der einzelnen Baumaterialien können dem Erfassungsbogen entnommen werden. Diese Eigenschaften wie z. B. das Material einer Tür (Holz) werden in der Eingabemaske für die erfassten Baumaterialien eingegeben.

Auf der Seite für die Einzelübersicht über ein Gebäude wird zudem eine Karte des open Source Services ‚Open Street Map‘ eingeblendet. Auf ihr wird das Gebäude mit einem Marker innerhalb seiner Gemeinde verortet (Abb. 5).

Zur Umsetzung dieses Frontends wurde die plattformübergreifende Open-Source-JavaScript-Laufzeitumgebung ‚node.js‘ mit dem Paketmanager ‚npm‘ verwendet. Zur Webanwendung gehören zwei Postgres Datenbanken, ‚Gebäudematerialien‘ und ‚Gebäudekubatur‘. Das Backend, also die Datenhaltung wurde in Python mithilfe des Frameworks ‚django‘ umgesetzt. Dies ermöglicht die einfache Anpassung der Datenbankmodelle mithilfe von Veränderung weniger Code-Zeilen. Der Prototyp kann so an neue bzw. sich verändernde Anforderungen mit wenig Aufwand angepasst werden, was die Weiterentwicklung hin zu einer Marktreife erleichtert.

In der Datenbank ‚Gebäudematerialien‘ werden die Gebäude mit ihren Baumaterialien abgelegt. Die weitere Datenbank ‚Gebäudekubatur‘ enthält die LoD2 Daten, in dem aktuellen Anwendungsfall für den gesamten Landkreis Darmstadt-Dieburg, um den in der Datenbank ‚Gebäude‘ eingegebenen Gebäuden ihre Grundfläche und Höhe mitzugeben. Die LoD2 Daten liegen mit dem EPSG Code 4326 vor. Eine Weiterentwicklung zur einfacheren Erfassung von Baumaterialien ist möglich, indem basierend auf den LoD2 Daten Gebäudetypen abgeleitet werden, denen dann die Baumaterialien zugeordnet werden können.

Um die Marktakzeptanz des entwickelten Produkts, Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung, zu eruieren, wurde dieses möglichen Nutzenden vorgestellt, wie Anbietern kommunaler Dienstleistungen die dies in ihr Produktportfolio bzw. Kommunen die diese in ihr eigenes IT-Angebot einbinden könnten. Hierbei wurden auch Rückmeldungen hinsichtlich der Funktionalität der Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung erwartet.

Gespräche mit Anbietern kommunaler Dienstleistungen zeigten, dass von diesen derzeit noch kein Markt für ein entsprechendes Produkt gesehen wird, da weder von Seiten der Kommunen noch der Bauherr:in derzeit eine Nachfrage nach einer solchen Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung besteht. Der vorgestellte Prototyp wurde dabei als sehr geeignet angesehen und grundsätzlich in Aussicht gestellt, diesen im

---

Falle einer zukünftig gegebenen Marktnachfrage als wichtige Grundlage für ein entsprechendes marktfähiges Produkt zu nutzen.

Gespräche mit Kommunen, hier der Gemeinde Münster und dem Landkreis Darmstadt-Dieburg als Bereitsteller eines kommunalen GIS für die Gemeinden des Landkreises, zu denen auch Münster gehört, zeigten leider ebenfalls, dass eine Integration der Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung in das aktuelle IT-Angebot Aufwendungen verursacht, für die die Politik derzeit keinen Mehrwert durch intensive und vielfältige Nutzung sieht. Die angespannten Finanzhaushalte der Kommunen lassen auch keine Vorleistungen im Bereich solcher freiwilligen kommunalen Leistungen zu.

Versuche vom Land Hessen finanzielle Mittel für eine Bereitstellung der Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung zu generieren, waren leider auch nicht erfolgreich (siehe Kapitel 4.4.6).

Weiterverwendet wird die Gebäude- und Materialdatenbank mit WebGIS-Anbindung durch das Institut für kommunale Geoinformationssysteme IKGIS e.V. im Bereich der beruflichen Weiterbildung. Das IKGIS bietet seit mehr als 25 Jahren regelmäßig einen KGIS-Workshop an, in dem aktuelle und zukünftig zu erwartende Entwicklungen im Bereich der Nutzung von Geobasis- und Geofachdaten der Praxis vorgestellt und mit dieser diskutiert werden. Ergänzend werden zu neuen Themenfeldern eigenständige, nicht kommerzielle Schulungen angeboten, die es gerade Kommunen ermöglichen, ihre Mitarbeitenden in neuen Anwendungsfeldern zu schulen. So ist seit Jahren der Aufbau und die Nutzung von Gebäudedatenbanken ein verfolgtes Thema, zu dem ein eigenständiges Schulungsangebot aufgebaut und angeboten werden soll.

#### **4.1.2 Erfassungsbogen für eine Gebäude- und Materialdatenbank**

Mit dem Erfassungsbogen werden Gemeinden und sonstige Nutzer in die Lage versetzt alle Baumaterialien zu erfassen, die technisch und von einer möglichen Marktnachfrage her wiederverwendbar sind und zu einer Veränderung der bisherigen Stoffströme führen. Der Erfassungsbogen kann dabei sowohl bei einer Ortsbesichtigung als auch bei einer Erfassung anhand von Bauakten genutzt werden.

Der Erfassungsbogen gliedert sich in die folgenden Tabellenblätter: ‚Baumaterialien‘ (siehe Tab. 2) bzw. ‚Bauteile‘ (siehe Tab. 3) und ihre ‚Eigenschaften‘ (siehe Tab. 4), welche über die ID ineinander überführt werden können.

Die im Forschungsprojekt identifizierten und in den Erfassungsbogen aufgenommen Baumaterialien und Bauteile sind Tab. 2 und Tab. 3 zu entnehmen. Eine Anpassung der Tabelle durch Erweiterung oder Reduktion der aufgenommenen Baumaterialien ist einfach möglich.

Die Bezeichnung der Baumaterialien orientiert sich an der DIN 267: 2018-12 – Kosten im Bauwesen.

Um Synergien in Bezug auf die Erfassung nutzen zu können und einen einfachen Datenaustausch zu ermöglichen, werden zusätzlich die Bezeichnungen auf Grundlage der BKI Baukosten mit aufgenommen.

Erfasst werden können Wohn- und Nichtwohngebäude, wie bspw. Scheunen. Sofern sich mehrere Gebäude auf einem Grundstück befinden, sind diese einzeln zu erfassen.

Baumaterialien von Garagen sollen nur mit dem Hauptgebäude erfasst werden, wenn sie in das Gebäude integriert sind. Ansonsten werden Garagen als eigenständige Gebäude erhoben.

Tab. 2: Baumaterialien Erfassungsbogen (eigene Darstellung)

Baumaterialien	Parameter	Einheit	Anmerkung / Erläuterungen
Flachgründungen und Bodenplatte	Material	Textliche Beschreibung	Bei (Streifen-)Fundamenten gilt die Annahme, dass das Fundament unter den Außenwänden und unter den tragenden Wänden liegt (in Bauakten ist meist nur ein Ansichtsplan und keine Statik etc. enthalten)
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Breite	m	
	Lfd. m	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Volumen	m <sup>3</sup>	
Außenwände	Material	Textliche Beschreibung	Tragende Außenwände (DIN 276 Kategorie 331) und nicht tragende Außenwände (DIN 276 Kategorie 332) in Kategorie 331 zusammengefasst, da aus den Planunterlagen die Zuordnung nicht immer ersichtlich ist. Fenster und (Haus-)Türen werden übermessen. Tür- und Fensteröffnungen als negativer Volumenwert unter der Kategorie Außenwände führen. Materialbezeichnung wie die Wand in der sich die Öffnung befindet, damit sie der entsprechenden Wandkategorie zugeordnet werden kann.
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Höhe	m	
	Lfd. m	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Volumen	m <sup>3</sup>	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	
Außenwandöffnungen	Material	Textliche Beschreibung	Fenster, Eingangs-, Terrassen- und Garagentüren
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Höhe	m	
	Breite	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Volumen	m <sup>3</sup>	
	Anzahl	Numerische Beschreibung	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	

Tab. 3: Fortsetzung – Baumaterialien Erfassungsbogen (eigene Darstellung)

Baumaterialien	Parameter	Einheit	Anmerkung / Erläuterungen
Innenwände	Material	Textliche Beschreibung	Für lfd. m (Tür-) Öffnungen in Innenwänden übermessen. Türöffnungen als negativen Volumenwert unter Kategorie Innenwände führen. Materialbezeichnung wie die Wand in der sich die Öffnung befindet, damit sie der entsprechenden Wandkategorie zugeordnet werden kann. (Begründung für Erfassung Türöffnungen: es macht einen (ggf. wesentlichen) Unterschied für die Materialmengenberechnung (im Gegensatz zu BKI-Regelungen, die sich auf Kostenkennwerte beziehen)). Tragende Innenwände (DIN 276 Kategorie 341) und nicht tragende Innenwände (DIN 276 Kategorie 342) in Kategorie 341 zusammengefasst, da aus den Planunterlagen die Zuordnung nicht immer ersichtlich ist.
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Höhe	m	
	Lfd. m	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Volumen	m <sup>3</sup>	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	
Innenwandöffnungen	Material	Textliche Beschreibung	Innentüren
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Höhe	m	
	Breite	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Volumen	m <sup>3</sup>	
	Anzahl	Numerische Beschreibung	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	
Deckenkonstruktion (inkl. Treppen)	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Höhe	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	
	Steigungsverhältnis	Numerische Beschreibung	
	Stufen	Numerische Beschreibung	



Tab. 3: Fortsetzung – Baumaterialien Erfassungsbogen (eigene Darstellung)

Baumaterialien	Parameter	Einheit	Anmerkung / Erläuterungen
Deckenbelag	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	
Deckenbekleidung	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Geschoss	Textliche Beschreibung	
Dachkonstruktion	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Konstruktionsart	Textliche Beschreibung	
Dachöffnungen (Dachfenster)	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Höhe	m	
	Breite	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
	Anzahl	Numerische Beschreibung	
Dachbeläge	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Fläche	m <sup>2</sup>	
Dachbekleidung	Material	Textliche Beschreibung	
	Bauteiljahr	Numerische Beschreibung	
	Dicke	m	
	Fläche	m <sup>2</sup>	

Tab. 3: Bauteile Erfassungsbogen (eigene Darstellung)

Bauteil / Einbauten	Parameter	Einheit	Anmerkung / Erläuterungen
<b>Außenbereich</b>			
Fensterläden	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Ja / nein
Verglasung	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Art der Verglasung
Fenster	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Material
Kellerfenster	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Material
Garagentor	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Material; 1- oder 2-flügelig
Haustür	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Material
Eingangsanlagen	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Vorhanden ja/ nein; falls ja kurze Beschreibung
<b>Inneneinrichtung</b>			
Armaturen	Anzahl	Numerische Beschreibung	
Bade- und Duschwanne	Anzahl	Numerische Beschreibung	
Duschabtrennung	Anzahl	Numerische Beschreibung	
Waschbecken	Anzahl	Numerische Beschreibung	getrennt nach Material
Heiztherme	Anzahl	Numerische Beschreibung	getrennt nach Material
Heizkörper	Anzahl	Numerische Beschreibung	getrennt nach Material
Thermostatventile	Anzahl	Numerische Beschreibung	

Ergänzend wurden die in der nachfolgend Tab. 4 aufgeführten Daten mit in den Erfassungsbogen aufgenommen, die ggf. um Informationen aus der zum Gebäude gehörenden Bauakte ergänzt werden.

Tab. 4: Eigenschaften Erfassungsbogen (eigene Darstellung)

Eigenschaft	Parameter	Einheit	Anmerkung / Erläuterungen
ID	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Setzt sich zusammen aus einer sechsstelligen Kombination aus Buchstaben und Zahlen in der Form AA1111. Die beiden Buchstaben stehen für einen Gemeindeteil, die erste Zahl steht für die Baualtersklasse, die letzten drei Zahlen bezeichnen die laufende Nummer in dieser Altersklasse. Kürzel für Baualtersklassen:  1 = bis 1900 2 = 1901-1918 3 = 1919-1948 4 = 1949-1962 5 = 1963-1970 6 = 1971-1980 Kürzel für die Gemeinde Münster MU = Münster AH = Altheim Beispiel: MU3005 liegt im Gemeindeteil Münster, gehört zur Baualtersklasse 1919-1948 und ist das fünfte erfasste Objekt in dieser Altersklasse.
Baugenehmigung	Jahr der Baugenehmigung	Numerische Beschreibung	
Gebäudeart	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	
Grundfläche	Fläche	m <sup>2</sup>	
BGF	Fläche	m <sup>2</sup>	Nicht exakt die BGF nach DIN 277, sondern die Grundfläche aller ausgebauten Geschosse, d. h. Grundflächen von Keller und ausgebautem Dach werden berücksichtigt, es erfolgt kein Abzug für geringere Raumhöhen, da diese aus den Plänen nicht immer zuverlässig oder nur mit hohem Zeitaufwand ermittelt werden können. Flächen von nicht ausgebauten Dachgeschossen bleiben unberücksichtigt
Geschosse	Anzahl	Numerische Beschreibung	Anzahl der Geschosse ohne Keller
Wohneinheiten	Anzahl	Numerische Beschreibung	
Keller	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Ja / nein / teilweise
Dachgeschoss	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Dachgeschoss ausgebaut (ja / nein)

Tab. 5: Fortsetzung – Eigenschaften Erfassungsbogen (eigene Darstellung)

Eigenschaft	Parameter	Einheit	Anmerkung / Erläuterungen
Dachneigung	Grad		
Dachform	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	
Garage	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Es wird nur überprüft, ob eine Garage zu dem Objekt vorhanden ist. So fern sie nicht im Gebäude integriert ist, werden ihre Bauteile/Materialien nicht erfasst
Weitere An- oder Umbauten	Textliche Beschreibung	Textliche Beschreibung	Ja / nein; falls ja, kurze Nennung um welche Art von Aus- oder Umbau es sich handelt
Jahr Umbau	Jahr	Numerische Beschreibung	
Kommentar			Für Kommentare und kurze Erklärungen jeder Art.

Der Erfassungsbogen bildete auch die Grundlage für die Analyse der Bauakten in den Gemeinden Münster und Otzberg (siehe Kapitel 4.2).

## 4.2 Gebäude- und Materialdatenbank der Gemeinden Münster und Otzberg

Die für die Gemeinden Münster und Otzberg erstellte Gebäude- und Materialdatenbank wird über die Umsetzungs- und Erprobungsphase hinaus bei anstehenden Projekten der Innenentwicklung eingesetzt werden, da dieses die für den zukünftigen Umgang mit den betroffenen Gebäuden erforderlichen Daten liefert. Die Erhebung der Daten zur weiteren projektbezogenen Verarbeitung erfolgte für die Gemeinden Münster und Otzberg in zwei Teilschritten. Nach Erhebung der Baualtersklassen für alle Gebäude erfolgte die Erhebung der wiederverwendbaren Baumaterialien gemäß Erfassungsbogen sowie die Ermittlung der Werte zur Prognostizierung der Materialmengen sowie von Standardwerten zur Nutzung in Webtools.

### 4.2.1 Erhebung der Baualtersklassen für alle Gebäude der Gemeinden Otzberg und Münster (1. Schritt)

Zunächst wurden in den beiden Gemeinden die Baualtersklassen aller Gebäude erhoben. Die Baualtersklassen wurden analog der Klassen der Bauabgangsstatistiken der statistischen Ämter übernommen (siehe. Tab. 5).

Tab. 5: Baualtersklassen (eigene Darstellung)

Baualtersklasse	Baujahr
1	bis 1900
2	1901-1918
3	1919-1948
4	1949-1962
5	1963-1970
6	1971-1980
7	ab 1980

In der Gemeinde Münster (Hessen) erfolgte diese Erhebung in einer Excel-Tabelle anhand der im Archiv vorhandenen Karteikartensammlung zu den Bauanträgen, in der für jede Bauakte ein entsprechender Eintrag angelegt wurde. Die Daten reichen bis ca. 2016, als auf ein elektronisches System umgestellt wurde. Auf den Karteikarten sind verschiedene Informationen vermerkt wie die für die genannte Adresse bzw. das Grundstück erteilten Baugenehmigungen, Jahr der Fertigstellung, Nutzungsänderungen, Anbauten, Umbauten o. ä. Die Informationen sind z. T. lückenhaft, denn nicht für jedes Gebäude wurden die Felder Baujahr bzw. Fertigstellung auf der Karteikarte ausgefüllt. Das hat zur Folge, dass die Daten in der Spalte Baujahr inhomogen sind: teilweise ist das Jahr der Fertigstellung, teilweise das Jahr der Baugenehmigung angegeben. Für eine grobe Abschätzung konnten die Daten jedoch verwendet werden, da erfahrungsgemäß die Fertigstellung i. d. R. zeitnah zur Baugenehmigung erfolgt.

In der Gemeinde Otzberg existiert für den untersuchten Zeitraum keine Erfassung der Baugenehmigungen nach Genehmigungs- oder Fertigstellungsjahren. So wurde ab November 2020 zunächst anhand historischer Pläne, der deutschen digitalen Bibliothek, des Denkxweb (elektronische Denkmaltopographie des Landesamtes für Denkmalpflege Hessen) und mittels Ortsbegehungen der komplette Gebäudebestand der Gemeinde Otzberg mit den Ortsteilen Lengfeld, Zipfen, Habitzheim, Hering, Ober-Klingen, Nieder-Klingen, Ober-Nauses und Schloß-Nauses erhoben und in insgesamt sieben Baualtersklassen aufgeteilt. Die Erhebung wurde anhand einer Excel-Tabelle dokumentiert.

Im Gegensatz zur Gemeinde Münster, bei der die Einteilung in Baualtersklassen gebäudescharf auf Grundlage der erstellten Excel-Tabelle erfolgte, konnte in der Gemeinde Otzberg aufgrund fehlender Daten nur eine quartiersbezogene Einteilung der Baualtersklassen erfolgen. Ausgenommen waren denkmalgeschützte Gebäude sowie Gebäude, die in Schritt 2 komplett erhoben wurden. Bei diesen Gebäuden konnte ein genaues Baujahr ermittelt werden. Dank der Einteilung des Gebäudebestandes der beiden Gemeinden konnte eine breite, nach Baualtersklassen geordnete Übersicht über die Grundgesamtheit der vorhandenen Anwesen bzw. den sich darauf befindlichen Gebäude gewonnen werden.

### **Auswahl der Stichproben für die Bauaufnahme**

Aus der tabellarischen Baualtersklassenübersicht für den Gebäudebestand der Projektgemeinden wurden stellvertretend je Baualtersklasse und Gemeinde zwölf beliebige Anwesen als Stichproben nach dem Zufallsprinzip ausgewählt (72 Gebäude pro Projektgemeinde, 144 insgesamt) mit dem Ziel, eine genaue Aufnahme der dort verbauten Materialien anhand der bei den Gemeinden aufbewahrten Baugenehmigungsunterlagen vorzunehmen.

Die vorhandenen Bauaktenbestände beider Gemeinden sind bislang nicht digitalisiert, sondern liegen als abgeheftete und gefaltete Papierpläne gesiegelt in DIN-A4 -Hängeregistern bzw. in Form von Aktenordnern in den

Archiven vor. Waren die Unterlagen in den Aktenmappen der zufällig ausgewählten Gebäude in quantitativer und qualitativer Hinsicht ausreichend, wurden die Unterlagen im Erhebungsprozess verwendet; war die Datenbasis unzureichend, wurde auf eine Bauaufnahme verzichtet und stattdessen erneut eine Stichprobe als Ersatz gezogen. Dies wurde wiederholt, bis 72 Gebäude mit ausreichend aussagekräftigen Baugenehmigungsunterlagen aus den gemeindlichen Aktenbeständen herausgesucht waren.

#### 4.2.2 Erhebung der wiederverwendbaren Baumaterialien pro Gebäude gemäß Erfassungsbogen (2. Schritt)

Im Erhebungsprozess (siehe Abb. 7), der nachfolgend genauer beschrieben wird, wurde auf Grundlage der Materialangaben in den Baubeschreibungen und Planzeichnungen sowie der angegebenen Maße seitens der Gemeinden jeweils eine Materialdatenbank angelegt.

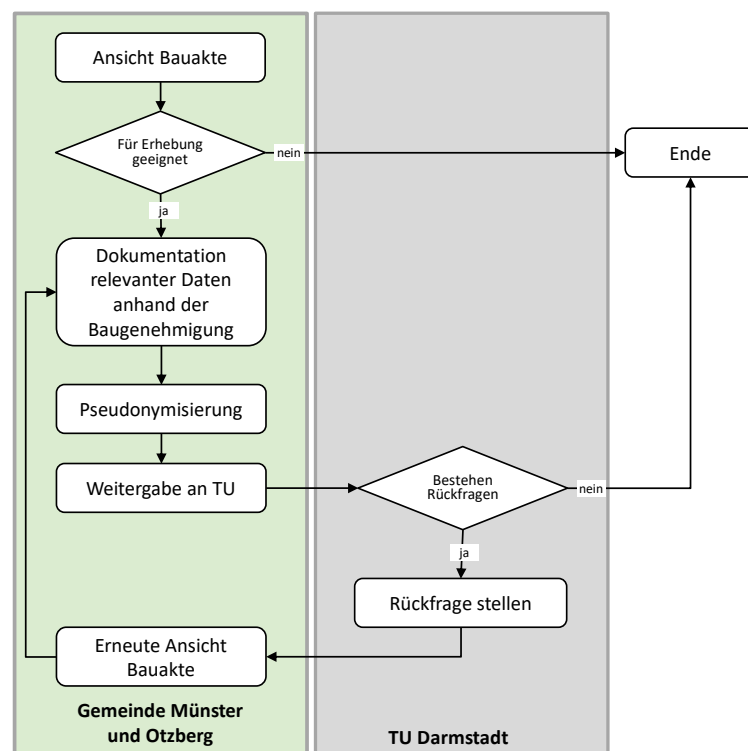


Abb. 7: Prozess der Datenerhebung (eigene Darstellung)

In jeder Gemeinde wurden die vorhandenen Baumaterialien auf Basis der Bauaktenbestände der Gemeinden, Fotografien sowie Ortsbesichtigungen von jeweils 72 Gebäuden, d. h. 12 Gebäuden pro Baualtersklasse (Baualtersklasse 1 bis Baualtersklasse 6) erhoben. Auf eine Erfassung von Gebäuden der Baualtersklasse 7 (Baujahre ab 1980) wurde verzichtet, da bei diesen Gebäuden aufgrund ihres verhältnismäßig geringen Alters in naher Zukunft noch nicht mit einem Abbruch selbiger zu rechnen ist.

Beim Landkreis Darmstadt-Dieburg als Genehmigungsbehörde liegen die Bauakten nach Auskunft der Bauaufsichtsbehörde sowie der Unteren Denkmalschutzbehörde ebenfalls nur zu einem sehr geringen Teil in digitaler Form vor. Durch die Schutzmaßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie wurde jeglicher Zugang zum Archiv der Bauakten des Landkreises Darmstadt-Dieburg verwehrt, sodass dort keine Bauakten gesichtet und eingesehen werden konnten.

Die Bauakten, die den Baualtersklassen 1, 2 und 3 entsprechen, sind in der Gemeinde Otzberg nicht im Bauamt, sondern im Gemeindearchiv abgelegt. Momentan befindet sich das Archiv noch in unsortierter Form. Um zu entscheiden, ob eine Bauakte für die Erhebung geeignet ist, d. h. ob alle relevanten Unterlagen vorhanden sind,

wurden die Bauakte des Gebäudebestandes von den Mitarbeitern der Gemeinden Otzberg und Münster eingesehen.

Aus datenschutztechnischen Gründen wurden die Datensätze nach der Erfassung pseudonymisiert. Hierzu wird eine Identifikationsnummer vergeben, die sich aus einer sechsstelligen Kombination aus Buchstaben und Zahlen, in der Form AA1111 zusammensetzt. Dabei bezeichnen die Buchstaben die entsprechende Gemeinde. MU für die Gemeinde Münster, AH für Altheim (Ortsteil von Münster) sowie OB für die Gemeinde Otzberg. Die Zahl setzt sich aus der entsprechenden Baualtersklasse sowie der fortlaufenden Nummer der erfassten Gebäude zusammen.

Beispiel: MU3005 liegt im Gemeindeteil Münster, gehört zur Baualtersklasse 3 (1919- 1948) und ist das fünfte erfasste Objekt in dieser Altersklasse.

Falls Baupläne und Baubeschreibung (detaillierte Angabe der verbauten Materialien) in der Baugenehmigung vorhanden waren, konnten anhand der vermaßten Pläne alle relevanten Parameter erfasst werden, wie z. B. die Berechnung der Menge bzw. Volumina der verwendeten Baumaterialien. Bauelemente, Objekte oder technische Anlagen wie Fenster, Türen, Tore, Waschbecken oder Heizkörper etc. wurden pro Stück aufgenommen. Die Erfassung erfolgte in der Excel-Liste fortlaufend unter Angabe der Identifikationsnummer und der Geschoszugehörigkeit. Ein beispielhafter Auszug aus einer Bauakte ist Abb. 8 zu entnehmen.

5	Gestaltung	Bauteile		vorgeschrieben		vorgesehen														
		<b>Hinweis:</b> Eine bauaufsichtliche Prüfpflicht der Angaben ergibt sich aus der von der Bauherrschaft gewählten Verfahrensart und dem darin festgelegten Prüfumfang.		Dachdeckung	Art Dachziegel, -pfannen, -steine		Art Dachsteine													
Material				.		Material Beton														
Farbe	Rot-Rotbraun			Dachneigung	.		Farbe	Rot		Dachneigung	28°									
Solarzellen / Kollektoren				.		Solarzellen / Kollektoren		ja												
Außenputz, Verkleidung				Art, Farbe		.		Art, Farbe		Putz, weiß mit Farbakzenten										
Sockel				Art, Baustoff		.		Art, Baustoff		Putz										
Farbe				.		Höhe (min.)	.		Höhe (max.)	.		Farbe	Grauton		Höhe (min.)	30 cm		Höhe (max.)	50 cm	
Balkonbrüstung				Art, Baustoff, Farbe		.		Art, Baustoff, Farbe		.										
Fenster und Außentüren				Art, Baustoff		.		Art, Baustoff		Kunststoff										
Farbe				.		mit glasteilenden Sprossen		Farbe		.		mit glasteilenden Sprossen								
Markisen, Klappläden				Art, Baustoff, Farbe		.		Art, Baustoff, Farbe												
Fassadenbegrünung, Rankgerüste				Art		.		Art		.										
Dachbegrünung				Art		.		Art		.										
Einfriedigung				Art, Material		.		Art, Material		Stabgitterzaun		Höhe (max.)		140 cm						
Hinweis:		Für bauliche Anlagen und Bauteile insbesondere bei denkmalgeschützten Gebäuden sind ggf. zusätzliche besondere Baubeschreibungen abzugeben. Für Bauten größeren Umfangs und Sonderbauten sind ggf. formlose Bau- und Betriebsbeschreibungen vorzulegen.																		

Abb. 8: Auszug aus einer beispielhaften Bauakte (Quelle: Gemeinde Münster o. J.)

Da den Planunterlagen zu den Gebäuden der Baualtersklassen 1 und 2 oftmals keine Baubeschreibungen beigelegt waren, mussten die dort verbauten Baustoffe bisweilen durch die Mitarbeiter:innen der Gemeinden Münster und Otzberg auf Basis vergleichbarer Gebäude aus der Literatur und über Erfahrungswerte geschätzt werden. In der Excel-Tabelle wurde dafür eine Spalte ‚Materialannahme‘ eingerichtet. Wenn Annahmen zu einem Material getroffen wurden, wurde dies durch ein x in der Spalte ‚Materialannahme‘ gekennzeichnet. Die so

---

erhobenen und pseudonymisierten Daten wurden in digitaler Form zur weiteren, projektbezogenen Verarbeitung genutzt.

Die Erhebung der wiederverwendbaren Baumaterialien erfolgte für die Gemeinden Münster (Hessen) und Otzberg mit zeitlichem Versatz. Die Gemeinde Münster begann zunächst zwischen September 2019 bis April 2020 mit der Erfassung der Gebäude und nach einem personellen Wechsel wurde diese ab Februar 2021 fortgeführt. In der Gemeinde Otzberg wurde mit der Erhebung wegen personeller Umstrukturierungen erst im November 2020 begonnen. Die Daten wurden bis Ende des Jahres 2021 erhoben.

Für diese dynamische Art der Erhebung eignete sich die entworfene Webseite der Gebäude- und Materialdatenbank nur bedingt. Die prototypische Entwicklung dieser Applikation wurde Ende September 2020 abgeschlossen. Nachdem die Erhebung im Anschluss dazu erweitert wurde, konnten entsprechende Änderungen nicht mehr nachgetragen werden.

In der Verstetigungsphase des Projekts wurde angestrebt, die Gebäude- und Materialdatenbank bei den beteiligten Partnerkommunen und dem Landkreis Darmstadt-Dieburg zur weiteren Nutzung einzubringen.

Ein denkbarer Anwendungsfall für die Gebäude- und Materialdatenbank wäre in dem im Landkreis Darmstadt-Dieburg genutzten KGIS (kommunales Geoinformationssystem), auf welches die Bauämter der jeweiligen Gemeinden Zugriff haben. Eintragungen können dabei aus Datenschutzgründen nur von diesen Gemeindemitarbeiter:innen vorgenommen und eingesehen werden. Die Baubehörden der einzelnen Gemeinden könnten die Webanwendung nutzen, um abzuschätzen, welche Baumassen evtl. bald frei werden und welche Bauteile zur Wiederverwendung geeignet sind. Der Fokus liegt hier auf den Gemeindemitarbeiter:innen selbst, Eigentümer:innen werden zu einem späteren Zeitpunkt eingebunden. Zum Zeitpunkt des Projektabschlusses liegt für die Einbindung in das KGIS zu wenig Interesse der einzelnen Gemeinden vor. Denkbar wäre zukünftig jedoch eine verpflichtende Verwendung des Tools in Gemeinden, die sich um Dorfförderung bemühen und gerne eine Dorfförderung durch den Landkreis erhalten möchten.

Zur Entwicklung der Webanwendung wurde auch die in dem vorhergehenden Projekt AktVis gewonnene Erfahrung in Bezug auf die Erkennung von Innenentwicklungspotenzialen genutzt. Diese Potenziale werden in den Gemeinden im Landkreis aktuell wenig genutzt. Auch unter dem Aspekt der Gewinnung von leerstehenden Gebäuden wird im Landkreis Darmstadt-Dieburg kein größeres Interesse an der Gebäude- und Materialdatenbank erwartet. Da der Landkreis zum Einzugsbereich Frankfurt gehört, stehen Eigentümer:innen vor einer großen Nachfrage und die Gemeinden haben grundsätzlich eher wenig Leerstand zu befürchten. Zur Eigentümer:innenansprache wurde der Bauteilkreislauf als Produkt entworfen (siehe Kapitel 4.3.1) und steht zur Nutzung durch diese zur Verfügung.

#### **4.2.3 Gemeindespezifische Baumaterialdatenbank für die in den Gemeinden Otzberg und Münster (Hessen) erhobenen Gebäude (3. Schritt)**

Die tabellarisch und fortlaufend erfassten Gebäudedaten wurden in eine weitere Excel-Tabelle pro Projektgemeinde zur Ermittlung weiterer Werte überführt. Dies sind:

- a) die gemeindespezifischen durchschnittlichen Materialgehalte pro Gebäude einer Baualtersklasse
- b) der durchschnittliche Materialgehalt pro Quadratmeter Wohnfläche pro Baualtersklasse zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Geschäftsmodells, den sog. ‚flächenbezogenen Materialkoeffizienten‘ (siehe Kapitel 4.4)
- c) die typischerweise vorhandenen Baumaterialien und deren Mengen pro Baualtersklasse, den sog. ‚Gebäuderepräsentanten‘ zur Weiterverwendung in Berechnungstools wie dem Materialertragsrechner (siehe Kapitel 4.6)



---

## Aufbau der Tabellenkalkulation

Die zentrale Tabelle, in der diese drei wichtigen Werte berechnet werden, besteht aus den 72 spaltenweise eingetragenen Erhebungsgebäuden, gruppiert nach den sechs Baualtersklassen und fortlaufenden Identifikationsnummern sowie den zeilenweise eingetragenen Baumaterialien, gruppiert nach den Kostengruppen der DIN 276 von ersten bis zur dritten Ebene (z. B. 300 Baukonstruktionen – 360 Dächer – 363 Dachbeläge) und in freier Gliederung der Baumaterialbezeichnungen (orientiert an den Elementgruppen des BKI-Kostenplaners ‚Baukosten – Bauelemente Neubau‘ (BKI 2020)). Die Orientierung an DIN und BKI soll Architekt:innen aufgrund des geübten Umgangs mit den Gliederungsebenen einen erleichterten Zugang ermöglichen und eine gute Vergleichbarkeit bieten.

### Durchschnittlicher Materialgehalt pro Gebäude einer Baualtersklasse – Synthetische Gebäude (a)

Um die durchschnittliche Menge eines Materials pro Baualtersklasse zu erhalten, werden jeweils die Baumaterialmengen spaltenweise addiert (Spalte GESAMT) und arithmetisch gemittelt (Spalte Durchschnitt). Werden die Werte der Zeilen addiert, so erhält man die Baustoffgehalte pro Materialgruppe (analog BKI Elementgruppe) und / oder nach der 3. Gliederungsebene der DIN 276 jeweils pro Gebäude oder Baualtersklasse. Über die Angabe des prozentualen Anteils kann ersehen werden, wie hoch der Anteil eines Baumaterials an allen vergleichbaren Materialien einer Kostengruppe (3. Ebene) ausfällt. Die Prozentangabe in der Zeile ‚vorhanden in‘ bezieht auf die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Materialien nach Baualtersklasse.

Im Weiteren sind in den untersten Zeilen der Tabelle für jedes Gebäude Flächenmaße (Geschossfläche, überbaute Fläche) sowie die durchschnittlichen Geschosshöhen angegeben. Über den sog. ‚Wohn- und Nutzflächenfaktor‘ (Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte Berlin 2000) lässt sich in Abhängigkeit von Baualtersklasse aus der Geschossfläche die Wohnfläche (WF) ermitteln. Der baualtersklassenspezifische Wohn- und Nutzflächenfaktor ist in der Zeile unterhalb der Geschossfläche angegeben, die errechnete Wohnfläche in der folgenden. Ebenso wird für das baualtersklassenspezifische synthetische Gebäude die Wohnfläche angegeben, die damit der durchschnittlichen Wohnfläche pro Baualtersklasse und Gemeinde entspricht.

### Durchschnittlicher Materialgehalt pro Wohnfläche (b)

In der Spalte ‚Koeffizient‘ wird der durchschnittliche Materialgehalt pro Quadratmeter Wohnfläche errechnet (flächenbezogener Materialkoeffizient). Hierzu wird der materialspezifische Wert der Spalte ‚Durchschnitt‘ durch den Wert ‚Durchschnitt‘ (durchschnittliche Wohnfläche) in der Zeile Wohnfläche (WF) geteilt. Der so berechnete Koeffizient dient der Berechnung des zukünftig erwarteten Baumaterialaufkommens durch Gebäudeabbrüche in der Projektregion anhand der Fortschreibung der Bauabgangsstatistik für den Landkreis Darmstadt-Dieburg, die nach dem Gesetz über die Statistik der Bautätigkeit und die Fortschreibung des Wohnungsbestandes (Hochbaustatistikgesetz, kurz HBauStatG) durch die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder aufzustellen ist, ermittelt und darauf aufbauend die Tragfähigkeit des Geschäftsmodells zum Handel mit gebrauchten Baumaterialien in der Projektregion berechnet (siehe Kapitel 4.4).

### Gemeindespezifische Materialmengen eines typischen Hauses nach Baualtersklasse (c) – Gebäuderepräsentanten

Die gemeindespezifische Baumaterialdatenbank ist auch der Ausgangspunkt für die Erstellung sog. Gebäuderepräsentanten, deren Daten als Standardwerte in Kalkulationstools (siehe Kapitel 4.6.2) übernommen werden können. Bei diesen handelt es sich um die Daten idealtypischer Vertreter einer Gebäudealtersklasse, die auf dem durchschnittlichen Materialgehalt eines Gebäudes aufbauen, jedoch im Gegensatz zu den Durchschnittswerten und den Werten für die o. g. synthetischen Gebäude logische Mengenangaben und -verhältnisse sowie

---

ganzahlige Stückzahlen aufweisen müssen, die eine theoretische Nachbaubarkeit des Gebäudes anhand des Datensatzes ermöglichen sollen. Für die Erstellung der Repräsentanten wurden baualtersklassenscharf auf Grundlage der jeweils meistverwendeten Baumaterialien und der Gebäudeabmessungen aus der gemeindespezifischen Baumaterialdatenbank einfache architektonische Testentwürfe durchgeführt. Die Gebäude wurden in Richtung der Baubarkeit angepasst und deren Materialdaten wiederum in der Baumaterialdatenbank in der Spalte ‚Repräsentant‘ abgelegt, wo sie für die Nutzung in Tools zur Verfügung stehen (siehe auch Kapitel 4.6.2 – Gebäuderepräsentanten).

### **4.3 Leitfaden zur Einbindung von Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude**

Der Leitfaden ‚Handlungsempfehlungen für die Aktivierung der Öffentlichkeit sowie die Ansprache und Unterstützung von Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude zur Wiederverwendung von Bauteilen und anderen Baumaterialien‘ soll zum einen zeigen, wie die Öffentlichkeit im Allgemeinen und vor allem die Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude über das Prinzip der Wiederverwendung von Baumaterialien informiert und sensibilisiert werden können. Zum anderen werden Vorschläge zu Hilfestellungen formuliert, die die Kommune und weitere Beratungsstellen denjenigen Eigentümer:innen anbieten sollte, die sich bereits für den (Teil-)Rückbau ihrer Immobilie entschieden haben. Der Leitfaden beschreibt somit geeignete strategische Ansätze für die Aktivierung der Bevölkerung und die Unterstützung der Eigentümer:innen, vermittelt aber nicht das benötigte Fachwissen für diese Thematik.

#### **4.3.1 Aktivierung der Bevölkerung durch Öffentlichkeitsarbeit**

Auch wenn der Wiederverwendung von Baumaterialien in der Forschung und Praxis ein großes Potenzial zugeschrieben wird (Schiller und Deilmann 2010, S. 142-148), so zeigt sich in Deutschland noch keine signifikante Verwendung dieser (Dechantsreiter et al. 2015, S. 5), auch weil das Thema bisher in der Gesellschaft nur eine untergeordnete Rolle spielt. Neben rechtlichen Unsicherheiten bzgl. des Eigentums (Abegg 2021, S. 1), fehlendem Fachpersonal und zu geringen Vermarktungsstrukturen, gelten mangelndes Wissen, Informationsdefizite zu späteren Einsatzmöglichkeiten, rechtliche Unklarheiten und eine fehlende Motivation als zentrale Hemmnisse (Dechantsreiter et al. 2015, S. 19-21).

Die Wiederverwendung von Baumaterialien kann langfristig nur funktionieren und einen relevanten Beitrag zur Reduzierung des Abfallaufkommens leisten, wenn sich ein Großteil der Bevölkerung beteiligt. Dafür sind eine intensive Einbindung, Mitwirkung und Bewusstseinsbildung der gesamten Bevölkerung notwendig, die durch eine breite und langfristig angelegte Öffentlichkeitsarbeit erreicht werden kann.

Im Projekt WieBauin soll die Öffentlichkeitsarbeit grundlegend auf die Wiederverwendung von Baumaterialien hinweisen und die Gesellschaft über das Thema informieren und sensibilisieren. Darüber hinaus soll das Forschungsprojekt sowohl im Landkreis Darmstadt-Dieburg als auch darüber hinaus bekannt gemacht werden und so neben einem ausreichenden Angebot auch die für das Geschäftsmodell erforderliche Nachfrage dauerhaft gestärkt werden. Um dieses Ziel zu erreichen und möglichst viele verschiedene Personengruppen anzusprechen, sollten unterschiedliche Medien zum Einsatz kommen. Dabei bieten sich neben der Nutzung von Printmedien auch Online-Angebote an, da angenommen werden kann, dass ältere Generationen vorwiegend auf Printmedien zurückgreifen, wohingegen jüngere Generationen häufig digitale Medien nutzen.

Die Öffentlichkeitsarbeit begann bereits mit dem Start des Projektes im Oktober 2018 und konzentrierte sich zu Beginn auf die Einrichtung einer projektbezogenen Internetseite, die Entwicklung eines Flyers und eines Logos sowie die Veröffentlichung mehrerer Presseartikel in lokalen Zeitungen. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde die Öffentlichkeitsarbeit durch die Aktualisierung der Internetseite, weitere Presseartikel in regionalen

und lokalen Zeitungen, die Erstellung diverser Informationsmaterialien sowie die Einbindung lokaler Akteur:innen fortgeführt und vor sowie während der Umsetzungs- und Verstetigungsphase (01. Oktober 2021 bis 30. September 2023) intensiviert.

Abb. 9 stellt die in WieBauin genutzten Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit dar. In den nachfolgenden Kapiteln werden diese einzeln erläutert.

Elemente der Öffentlichkeitsarbeit in WieBauin
Projektlogo <i>Wiedererkennungswert</i>
Projektbezogene Internetseite <i>Hintergrundinformation</i>
Pressestrategie <i>Steigerung des Bekanntheitsgrades, der grundsätzlichen Idee und des Forschungsprojektes</i>
Projektfilm <i>Werbemaßnahme</i>
Corporate Design <i>Wiedererkennungswert</i>
Marke ‚Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg‘ und dazugehörige Internetplattform <i>Umsetzung und Verstetigung</i>
Flyer und Plakate <i>Informationsmaterialien</i>
Handbuch zur Wiederverwendung von Baumaterialien <i>Informationsmaterialien</i>
Positive Praxisbeispiele <i>Inspiration und Anregung zum Mit- und Nachmachen</i>
Kooperation mit der Abfallwirtschaft (Abfallkalender und Webseite) <i>Steigerung des Bekanntheitsgrades</i>
Einbindung der Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen <i>Multiplikation auf lokaler Ebene</i>
Soziale Medien <i>Inspiration und Anregung zum Mit- und Nachmachen</i>
Audiomedien <i>Steigerung des Bekanntheitsgrades</i>
Öffentliche Veranstaltungen und Konferenzen <i>Information und Steigerung des Bekanntheitsgrades</i>
Vorhaben der Dorf- und Regionalentwicklung <i>Inspiration und Anregung zum Mit- und Nachmachen</i>

Abb. 9: Elemente der Öffentlichkeitsarbeit in WieBauin (eigene Darstellung)

### Projektlogo

Zu Beginn der Projektlaufzeit wurde im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit ein Logo entworfen (siehe Abb. 10), um einen Wiedererkennungswert des Projektes zu erzielen. Für das Logo wurde das Akronym ‚WieBauin‘ verwendet, da der offizielle Titel des Forschungsprojektes ‚Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ‘ für

ein Logo als zu lang eingeschätzt wurde. Die hellgrünen Rechtecke des Logos stehen repräsentativ für alle Baumaterialien. Der aus zwei Pfeilen bestehende Kreis verdeutlicht den Aspekt der Wiederverwendung der Baumaterialien und zielt so auf das Modell der Kreislaufwirtschaft ab, das den Lebenszyklus von Produkten durch Wiederverwendung und Recycling verlängert. Die Farbe Grün wurde für das Logo gewählt, da diese Farbe von vielen Personen mit der Umwelt / Natur bzw. dem Umwelt- und Naturschutz assoziiert wird.



Abb. 10: Projektlogo von WieBauin (eigene Darstellung)

### Projektbezogene Internetseite

Eine eigene Webseite gehört in Zeiten der Digitalisierung für viele Unternehmen, Organisationen, Dienstleister, Gemeinden etc. zu einem öffentlichkeitswirksamen Auftritt dazu. Sie generiert Aufmerksamkeit, bündelt wichtige Informationen und ist rund um die Uhr erreichbar. Direkt zu Beginn des Forschungsprojektes wurde daher eine projektbezogene Homepage für WieBauin eingerichtet ([www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de), siehe Abb. 11). Diese führt alle relevanten Informationen zusammen und stellt so eine allgemein zugängliche Informationsquelle für Interessierte dar. Neben der Startseite mit allgemeinen Informationen, über die ebenfalls auf Veranstaltungen und Pressemeldungen zugegriffen werden kann (,Veranstaltungen‘ und ,Pressemeldungen‘), können auch die Informationen zum Forschungsprojekt (,Das Projekt‘), wie Ziele und die Projektpartner, eingesehen werden. Darüber hinaus sind auf der Homepage einige Hintergrundinformationen zum Thema der Wiederverwendung und Unterstützungsangebote (,Wiederverwendung‘ und ,Unterstützung‘) aufgeführt. Die aus dem Projekt heraus generierten Ergebnisse stehen der Öffentlichkeit unter ,Ergebnisse‘ kostenlos und digital zur Verfügung. Zudem kann über ein Formular (,Kontakt‘) mit den Projektverantwortlichen Kontakt aufgenommen werden. Eine Weiterleitung der Besucher:innen zu webbasierten Marktplätzen für Baumaterialien erfolgt unter der Rubrik ,Marktplätze‘.



Abb. 11: Ausschnitt aus der Homepage von WieBauin (eigene Darstellung)

Abb. 12 zeigt, dass die Zugriffe auf die WieBauin-Homepage über die gesamte Projektlaufzeit relativ konstant waren. Die Spitzenwerte der Klickzahlen im Oktober und November 2021 stehen im Zusammenhang mit dem Start der Onlineplattform ,Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg‘. Die mittleren Klickzahlen lassen sich durch die Presseartikel, die in regionalen Zeitungen und lokalen Anzeigebölgern sowohl digital als auch als Printmedium veröffentlicht wurden, erklären.

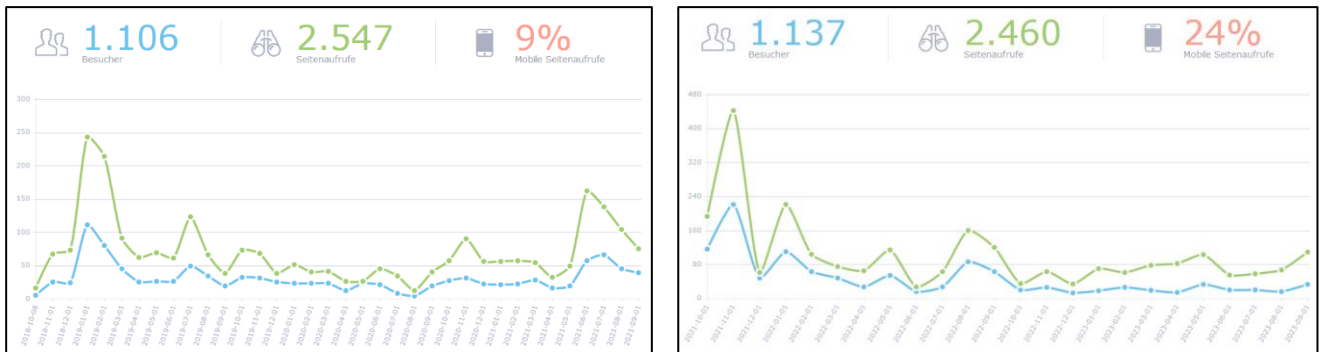


Abb. 12: Besucher:innen und Seitenaufrufe der WieBauin-Homepage zwischen dem 08. Oktober 2018 und dem 30. September 2021 (Forschungs- und Entwicklungsphase; links) und dem 01. Oktober 2021 und dem 30. September 2023 (Umsetzungs- und Verstärkungsphase; rechts) (eigene Darstellung)

Es ist jedoch zu beachten, dass projektbezogene Homepages i. d. R. nach Ende des Vorhabens aufgrund fehlender personeller und finanzieller Kapazitäten nicht mehr aktualisiert werden (Linke et al. 2019, S. 112; Ginski und Thissen 2017, S. 28). Es ist daher sinnvoll, dass Kommunen, Dienstleister etc., die explizit auf das Thema Wiederverwendung von Baumaterialien aufmerksam machen möchten, auf ihrer eigenen Homepage einen entsprechenden Abschnitt einrichten. In diesem können neben themenbezogenen Inhalten auch ein Verweis auf die WieBauin-Homepage, die Internetplattform ‚Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg‘ und Kontaktdaten weiterer Ansprechpersonen, z. B. bei der Kommune, aufgelistet werden. Die kommunalen Partner Münster (Hessen) und Otzberg haben auf ihrer Webseite bereits eine Unterseite für WieBauin erstellt. Darüber hinaus unterstützen weitere Kommunen des Landkreises Darmstadt-Dieburg das Forschungsprojekt bzw. die Thematik der Wiederverwendung durch die Einbindung themenspezifischer Inhalte auf ihrer Homepage.

### Pressestrategie

Bereits zu Beginn wurde eine detaillierte Pressestrategie entwickelt, um das Forschungsprojekt sowie die dahinterstehende Thematik in der Region bekannt zu machen und regelmäßig über den Projektstand sowie aktuelle Veranstaltungen und Ergebnisse zu informieren (eine vollständige Auflistung der Veröffentlichungen kann Kapitel 5 entnommen werden). So wurden bspw. selbst verfasste Zeitungsartikel zum Projektauftritt, zu Vor-Ort-Besichtigungen und der Suche nach lokalen und regionalen Positivbeispielen veröffentlicht. Darüber hinaus konnten mit Hilfe der Artikel einige zentrale Hintergrundinformationen zur Wiederverwendung von Baumaterialien in die Öffentlichkeit getragen werden. Gleichzeitig wurden aber auch lokale Redakteur:innen, welche eigene Artikel über WieBauin bzw. die Wiederverwendung von Baumaterialien verfasst haben, bei der Recherche sowie über die Bereitstellung eigener Fotos unterstützt.

Die Zeitungsartikel wurden allgemeinverständlich formuliert und sowohl in lokalen und regionalen Zeitungen als auch auf den Internetseiten der Gemeinden Münster (Hessen) und Otzberg, des Fachbereiches Bau- und Umweltingenieurwissenschaften der TU Darmstadt und der projektbezogenen Internetseite veröffentlicht. Zudem wurden die Artikel über den Presseverteiler der TU Darmstadt verschickt. Als regionale Zeitung wurde vor allem das ‚Darmstädter Echo‘ genutzt, da dieses als Regionalzeitung für die Stadt Darmstadt und den Landkreis Darmstadt-Dieburg weit verbreitet ist und neben der gedruckten Version auch als E-Paper angeboten wird. Lokale Anzeigenblätter, wie bspw. der ‚Otzberg-Bote‘ und das ‚Münsterer Anzeigenblatt‘ im Landkreis Darmstadt-Dieburg, vermitteln als Begleiter im Alltag lokale Informationen und werden daher von vielen oft und intensiv gelesen (Bundesverband Deutscher Anzeigenblätter e.V. 2018, S. 5). Sie haben als Medium einen festen Platz bei der Bevölkerung vor Ort, „unabhängig von Alter, Einkommen oder Geschlecht“ (Bundesverband Deutscher Anzeigenblätter e.V. 2018, S. 21) und wurden aus diesem Grund bei der Pressestrategie ebenso berücksichtigt.

---

Über die Wirksamkeit der einzelnen Artikel auf die Bevölkerung kann aufgrund fehlender Informationen keine allgemein gültige Aussage getroffen werden. Lediglich zum Aufruf nach positiven Praxisbeispielen kann durch eine Vielzahl eingesendeter Projekte auf eine positive Wirkung rückgeschlossen werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich die verfolgte Pressestrategie insgesamt positiv auf die Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit ausgewirkt hat bzw. immer noch auswirkt, da Zeitungen im Bereich der kommunalen Berichterstattung ein klassisches, wichtiges und generationsunabhängiges Medium darstellen (Fahrenkrug und Kilian 2011, S. 181). Diese Einschätzung wird auch durch die Besucher:innen und Seitenaufrufe der WieBauin-Homepage (siehe Abb. 12) unterstützt.

Die Pressestrategie wurde fortlaufend weiterentwickelt. Insbesondere vor und während der Umsetzungs- und Verstetigungsphase (Oktober 2021 bis September 2023) wurde die Pressestrategie intensiviert. So wurde bspw. der Start der Onlineplattform Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg öffentlichkeitswirksam begleitet.

### **Projektfilm**

Ein weiteres genutztes Element der Öffentlichkeitsarbeit war die Erstellung eines kurzen Projektfilmes, in dem das Projekt sowie die wichtigsten Projektziele durch die drei beteiligten Professor:innen der TU Darmstadt vorgestellt werden. Der kurze Clip wurde hauptsächlich als Werbemaßnahme genutzt, inkl. Einbindung auf der Projekthomepage, und kann jederzeit durch weitere Interviews, z. B. mit den Vertreter:innen der Kommunen bzw. des Landkreises Darmstadt-Dieburg oder Expert:innen der Praxis, ergänzt werden.

Videoclips oder Filme stellen eine moderne, aber bei einer professionellen Erstellung auch eine teure Möglichkeit der Öffentlichkeitsarbeit der kommunalen Pressearbeit dar (Treffer 2018, S. 146-147). Nichtsdestotrotz hat dieses Medium einige Vorteile und sollte daher bei der Öffentlichkeitsarbeit nicht vernachlässigt werden. So erreichen Videos nach Einschätzung von Jörg Sartorius – „Experte für Videos und deren Nutzen in der Kommunikation“ (Erdmann 2020) – oft eine höhere Aufmerksamkeit und sind umweltfreundlicher als der vielfache Druck von Printmedien. Darüber hinaus ist heutzutage notwendiges Equipment, bspw. ein Mikrofon, kostengünstig verfügbar, sodass die Erstellung eines Videos am Ende mit vertretbaren Kosten verbunden ist (Erdmann 2020).

### **Corporate Design**

Um einen Wiedererkennungswert der unterschiedlichen Informationsmaterialien, die im Rahmen von WieBauin erstellt wurden (bspw. Flyer und Plakate), zu erreichen, wurde ein Corporate Design, also ein einheitliches visuelles Erscheinungsbild, entwickelt. Dabei wurde neben einem einheitlichen Layout auch die Schriftart und -größe für verschiedene Überschriften und eine passende Farbwahl festgelegt.

### **Marke ‚Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg‘ und dazugehörige Internetplattform**

Für den Handel der ressourcenschonenden Baumaterialien, die Verstetigung des Forschungsprojektes in der Region Darmstadt-Dieburg und den einheitlichen Auftritt in der Öffentlichkeit wurde die Marke ‚Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg‘ – kurz ‚Bauteilkreisel‘ – durch das Projektteam ins Leben gerufen. Der Begriff ‚Bauteil‘ steht dabei stellvertretend für die unterschiedlichen Baumaterialien, die grundlegend für eine Wiederverwendung in Frage kommen. ‚Kreisel‘ soll auf das Modell der Kreislaufwirtschaft und die Verlängerung der Lebensdauer von Ressourcen abzielen. Für die Marke wurde zudem ein Logo entworfen (siehe Abb. 13). Das Logo zeigt zwei schemenhafte Häuser, die über einen Pfeil miteinander verbunden sind. Dieser Pfeil symbolisiert die Wiederverwendung, denn Baumaterialien fallen hauptsächlich beim (Teil-)Rückbau, Neubau oder der Umnutzung eines Gebäudes an und können in anderen Gebäuden einer neuen Nutzung zugeführt werden. Für das

---

Logo wurde die Farbe schwarz gewählt, um einen professionellen und seriösen Eindruck zu hinterlassen. Zur besseren Lesbarkeit auf dunklen Hintergründen kann das Logo alternativ auch in weiß verwendet werden.



Abb. 13: Logo der Marke Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg (eigene Darstellung)

Da die Wiederverwendung von Baumaterialien langfristig nur funktionieren und einen relevanten Beitrag zur Reduzierung des Abfallaufkommens leisten kann, wenn sich ein Großteil der Bevölkerung beteiligt, wurde im Rahmen von WieBauin für den Handel ressourcenschonender Baumaterialien gemeinsam mit dem privatwirtschaftlichen Unternehmen Concular die Plattform ‚Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg‘ für die Stadt Darmstadt und den Landkreis Darmstadt-Dieburg entwickelt ([www.bauteilkreisel-dadi.de](http://www.bauteilkreisel-dadi.de)) Bürger:innen haben damit seit Oktober 2021 die Möglichkeit, unkompliziert regionale Baumaterialien anzubieten und / oder zu erwerben. Um neben einem angemessenen Angebot auch eine ausreichende Nachfrage zu gewährleisten, ist eine intensive Einbindung, Mitwirkung und Bewusstseinsbildung der gesamten Bevölkerung notwendig. Durch eine breite und langfristig angelegte Öffentlichkeitsarbeit, wie sie in diesem Leitfaden beschrieben wird, kann aber eine Aktivierung der Bevölkerung erreicht werden. Neben dem Handel werden auf der Internetplattform viele weitere Informationen – bspw. positive Praxisbeispiele und Unterstützungsangebote – bereitgestellt und Neues regelmäßig über den Newsletter des Bauteilkreisels an Interessierte verbreitet. Zusätzlich wird in einem Video die Einstellung von Baumaterialien einfach und anschaulich erklärt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch den Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg ein wichtiger Baustein für die kommunalen Abfallvermeidungskonzepte in der Region geschaffen wurde.

### **Flyer und Plakate**

Ein weiterer wichtiger Baustein der Öffentlichkeitsarbeit stellt die Erstellung und Verteilung von Flyern und Plakaten dar, da mit diesen Materialien schnell, einfach und zielgerichtet die breite Öffentlichkeit erreicht werden kann. Flyer haben den Vorteil, dass sie durch ihr handliches Format problemlos von Interessierten mitgenommen werden können und übersichtlich wichtige Informationen zu einem bestimmten Thema liefern. Darüber hinaus ergänzen die Flyer die Beratungsangebote (siehe Kapitel 4.3.3) sinnvoll. Auch Plakate eignen sich hervorragend zum Informieren und Sensibilisieren der Öffentlichkeit, da sie bei einer Platzierung an verkehrsreichen Punkten durch ihre Größe auffallen und so eine hohe Reichweite generieren. Es muss jedoch unbedingt darauf geachtet werden, dass Plakate i. d. R. deutlich weniger Inhalte als ein Flyer vermitteln und auch noch aus ein bis zwei Metern Abstand lesbar sein sollten.

Um die Bevölkerung sowohl über das Forschungsprojekt als auch über die Thematik der Wiederverwendung zu informieren und sensibilisieren, wurden mehrere Flyer und Plakate zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten erstellt (siehe Abb. 14). Neben einem Flyer zur Projektvorstellung gibt es bspw. einen Flyer mit allgemeinen Hintergrundinformationen, in denen die Möglichkeit der Reduzierung des Abfallaufkommens mittels Wiederverwendung von Baumaterialien ausführlich dargestellt wird (inkl. anschaulicher Praxisbeispiele). Ein weiterer Flyer widmet sich der Informationsplattform ‚Bauteilkreisel‘ und stellt anschaulich die verschiedenen Funktionen des Bauteilkreisels dar (bspw. das Vorgehen zum Einstellen von Baumaterialien oder die Nutzung des Materialertragsrechners).



Abb. 14: Flyer (eigene Darstellung)

Die Materialien wurden an die Städte und Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg, den Landkreis Darmstadt-Dieburg und die Stadt Darmstadt verteilt und dort als Printmedien im Rathaus / Kreishaus sowie den örtlichen Schaukästen ausgelegt bzw. ausgestellt. Zusätzlich wurden die Materialien auf der projektbezogenen Homepage, der Internetplattform des Bauteilkreisels sowie einigen kommunalen Webseiten digital zur Verfügung gestellt, um die Reichweite der Produkte zu vergrößern. Weiterhin wurden Flyer und Plakate bei diversen eigenen und anderen öffentlichen Veranstaltungen und Konferenzen ausgelegt und an Interessierte verteilt.

### Handbuch zur Wiederverwendung von Baumaterialien

Ein Produkt des Forschungsprojektes ist das Handbuch ‚Baumaterialien wiederverwenden. Ein Handbuch für alle zum Entdecken und Nachschlagen‘ (siehe Kapitel 4.6.1), das digital und kostenlos im Downloadbereich der WieBauin-Homepage zur Verfügung steht (siehe [www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de)). Dabei handelt es sich um ein Nachschlagewerk, das sowohl für die allgemeine Bevölkerung als auch für Bauherr:innen und Planer:innen wichtiges Grundlagenwissen bereitstellt. So werden bspw. der Nutzen für die Umwelt aufgezeigt und spezifische Handlungsempfehlungen für die Wiederverwendung von Baumaterialien formuliert. Außerdem zeigt das Handbuch auf, wie durch gemeinschaftliches Engagement eine regionale Kreislaufwirtschaft aufgebaut werden kann und welche Chancen diese für eine Region bietet. Diese Informationen werden durch die Vorstellung positiver Beispiele anschaulich unterstützt.

### Positive Praxisbeispiele

Der Begriff ‚positives Praxisbeispiel‘ – häufig auch Positivbeispiel oder Best-Practice-Beispiel genannt – bezeichnet im Allgemeinen ein Beispiel, das besonders gut gelungen ist. Positivbeispiele gelten damit als Erfolgsrezept, an dem sich zukünftige Planungen oder Maßnahmen orientieren sollten. (Dudenverlag 2021) Darüber hinaus dienen sie anderen als Inspiration und regen zum Mit- bzw. Nachmachen an.



---

Auch im Rahmen der Wiederverwendung von Baumaterialien bietet sich die Veranschaulichung von gelungenen Praxisbeispielen hervorragend an. Besonders gut können die Positivbeispiele – bspw. wiederverwendete Türen, Balken, Geländer, Fenster oder Ziegel – über einen Vorher-Nachher-Vergleich veranschaulicht werden (siehe Abb. 15). So kann in einem Vorher-Bild der alte Zustand des Bauteils oder Baumaterials gezeigt werden. Das Nachher-Bild zeigt dagegen das Bauteil oder Baumaterial nach erfolgreicher Aufarbeitung und ggf. sogar in seiner neuen Verwendungsform. Durch einen Vorher-Nachher-Vergleich kann die Öffentlichkeit bzw. Interessierte auf einen Blick die Unterschiede zwischen den beiden Zuständen sehen und so von der Idee der Wiederverwendung von Baumaterialien überzeugt werden. Diese Methode findet bereits in der Praxis Anwendung. Die Bauteilbörse Bremen, die sich auf Organisation der Wiederverwendung gebrauchter Bauteile im Raum Bremen spezialisiert hat, zeigt bspw. auf ihrer Homepage (<http://www.bauteilboerse-bremen.de/>) anhand mehrerer Fotos einen Vorher-Nachher-Vergleich unterschiedlicher wiederverwendeter Bauteile (Bauteilbörse Bremen o. J.).



Abb. 15: Alte Außentür wurde in Oetzberg restauriert und ist mit einem frischen Anstrich ein Blickfang als neue Zimmertür (eigene Fotos)

Aber auch auf der WieBauin-Homepage ([www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de)) werden diverse Praxisbeispiele anschaulich dargestellt. Um gezielt lokale und regionale Positivbeispiele zu erhalten, hat das Projektteam mit Hilfe von Flyern, Plakaten und Artikeln in regionalen Zeitungen die Bevölkerung zur Einsendung eigener Projekte aufgerufen. Zusätzlich fand eine direkte Ansprache von regionalen Eigentümer:innen, die bereits Bauteile wiederverwendet haben statt. Dabei wurden sowohl Gebäude als auch Möbel oder Objekte aus wiederverwendeten Materialien gesucht, um Beispiele mit unterschiedlichen Schwerpunkten zu erhalten und so eine große Spannweite an Möglichkeiten der Wiederverwendung abzudecken. Die eingereichten Projekte sowie bereits eigenständig recherchierten Beispiele wurden als Best-Practice-Beispiele aufbereitet, die neben einem Vorher-Nachher-Vergleich weitere Hintergrundinformationen, wie Hinweise zum Material, enthalten. Im Rahmen von WieBauin wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen auf die Angabe persönlicher Kontaktdaten verzichtet. Die Angabe persönlicher Kontaktdaten kann die Sammlung aber sinnvoll ergänzen, da so ein gezielter Austausch der Interessierten untereinander – bspw. zu Erfahrungen mit Expert:innen oder der Kommune – ermöglicht werden kann. Die Best-Practice-Beispiele wurden anschließend in das Handbuch zur Wiederverwendung von Baumaterialien eingegliedert sowie auf der Projekthomepage und der Internetplattform Bauteilkreislauf veröffentlicht. Für die Beratungen vor Ort wurde zudem eine kompakte Best-Practice Beispielsammlung von üblicherweise wiederverwendbaren, gebrauchten Bauteilen als Druckversion erstellt (siehe Anhang 1).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Positivbeispiele ein geeignetes Instrument sind, um die Bevölkerung auf die Möglichkeiten der Wiederverwendung von Baumaterialien aufmerksam zu machen und für das Thema zu sensibilisieren. Die Einbindung von Beispielen aus der lokalen Bevölkerung verringert die Distanz und ermöglicht eine stärkere Identifizierung mit der Thematik. Somit haben die Positivbeispiele insgesamt einen positiven Einfluss auf das Forschungsprojekt und die damit verbundenen Ergebnisse.

---

## **Kooperation mit der Abfallwirtschaft**

Durch eine Kooperation mit der Abfallwirtschaft kann die Bevölkerung ebenfalls auf die Wiederverwendung von Baumaterialien aufmerksam gemacht werden. Neben der Integration entsprechender Hinweise in die kommunalen Abfallkalender bietet zudem die Einbindung weiterführender Informationen auf den Webseiten der Abfallwirtschaft großes Potenzial.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg ist der ZAW für das Einsammeln von Abfällen und Wertstoffen und, gemeinsam mit den 23 Kommunen des Landkreises, für das Einrichten und Betreuen der Sammelstellen zuständig (ZAW 2020a). Auf der Webseite des ZAW können daher diverse Informationen rund um die Abfalleinsammlung und -entsorgung nachgelesen und der Abfallkalender einer jeden Kommune des Landkreises eingesehen und als PDF heruntergeladen werden. Der ZAW unterstützte das Projektteam bei dem Vorhaben die Bevölkerung über die Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren und zu sensibilisieren. So wurde auf der Homepage des ZAW die Thematik, inkl. eines Verweises auf die Informationsplattform Bauteilkreisel, eingebunden. Zudem konnte das Thema sowohl in die Abfallkalender für 2022 und 2023 als auch in die App des ZAW sowie die Infozeitschrift ZAW-aktuell (Ausgabe 38 vom Januar 2022) integriert werden.

In der Stadt Darmstadt ist der EAD nach § 1 Abs. 2 der Betriebssatzung u. a. für die „Sicherstellung der Abfallverwertung und -entsorgung gemäß den Vorgaben des KrWG im Gebiet der Wissenschaftsstadt Darmstadt sowie vergleichbare gewerbliche Tätigkeiten“ (Betriebssatzung EAD 1994) zuständig. Auf der Webseite des EAD werden verschiedene Informationen zur Abfallverwertung, der Reinigung und sonstigen Leistungen des EAD sowie der Abfallkalender der Stadt Darmstadt zur Verfügung gestellt. Da der EAD den Abfallkalender nur noch digital auf ihrer Homepage zur Verfügung stellt und die PDF-Datei keinen Platz für die Einbindung weiterer Themen bietet, konnte ein Verweis auf den Bauteilkreisel oder das Forschungsprojekt WieBauin nicht integriert werden. Aktuell arbeitet der EAD an der Aufstellung eines umfangreiches Re-Use-Konzeptes für die Stadt Darmstadt, in dem auch der Bauteilkreisel Berücksichtigung finden soll. So wird der Bauteilkreisel über ein weiteres Instrument der Bevölkerung Darmstadts bekannt gemacht, was durchaus als positiv zu bewerten ist.

Insgesamt wird erwartet, dass sich die Kooperation mit der Abfallwirtschaft und die damit verbundene Reichweite positiv auf das Forschungsprojekt und die Nutzung der Internetplattform in der Region Darmstadt-Dieburg auswirkt.

## **Einbindung der Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen**

Bürgermeister:innen gelten in der Kommunalpolitik als die einflussreichsten lokalen Akteure (Gissendanner 2002, S. 92), die „nicht nur für den Bewusstseinswandel, sondern insbesondere auch für die Umsetzung [diverser Prozesse und Themen] entscheidende Motoren sein können“ (Fahrenkrug und Kilian 2011, S. 181). Darüber hinaus kennen Bürgermeister:innen sowohl ihre Kommune als auch die Mitarbeitenden der kommunalen Verwaltung sowie lokale Vereine bzw. Netzwerke gut und wissen, wen sie bei Bedarf kontaktieren können. Sie gelten somit als der wichtigste lokale Multiplikator, den es für die Aktivierung der Bevölkerung für die Wiederverwendung von Baumaterialien einzubinden gilt. Neben den Bürgermeister:innen gelten für das Thema der Wiederverwendung aber auch die Bauamtsleiter:innen der Kommunen als zentrale Akteure, da diese mit den verschiedensten Bauangelegenheiten betraut sind.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wird regelmäßig eine Bürgermeisterkreisversammlung durchgeführt, bei der alle Bürgermeister:innen der 23 Städte und Gemeinden des Landkreises zusammenkommen und sich zu aktuellen Themen austauschen. Auch die Bauamtsleiter:innen des Landkreises Darmstadt-Dieburg treffen sich regelmäßig, um zentrale Herausforderungen zu besprechen. Diese Versammlungen wurden für die Einbindung der Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen genutzt, da das Projektteam so die Chance hatte die zentralen Akteure der Städte und Gemeinden im Landkreis direkt anzusprechen, gemeinsam zu erreichen und gleichzeitig

---

eine Plattform für einen weiteren persönlichen Austausch zu schaffen. Neben allgemeinen Informationen zum Forschungsprojekt (Projektgegenstand, Projektpartner und aktueller Stand) wurden gemeinsam auch realisierbare Kooperations- und Unterstützungsmöglichkeiten besprochen. Die direkte Ansprache der Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen sowie der persönliche Austausch mit ihnen hatte eine starke Mitwirkung und Unterstützung des Forschungsprojektes zur Folge, auch wenn die Versammlungen während der Corona-Pandemie digital stattfanden. So beeinflussten die Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen die Aktivierung der Öffentlichkeit durch das Auslegen und Aufhängen unterschiedlicher Informationsmaterialien, bspw. Flyer und Plakate, im Rathaus / Kreishaus ihrer Kommune sowie örtlichen Schaukästen positiv. Zusätzlich wurden die Informationsmaterialien nach erfolgreicher Einbindung der Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen bei einigen Kommunen digital auf der eigenen Webseite zur Verfügung gestellt. Auch dies lässt eine positive Auswirkung auf die Bekanntheit des Bauteilkreisels in der Region Darmstadt-Dieburg vermuten.

Während der gesamten Projektlaufzeit wurden die Kommunen über die Bürgermeister:innen bzw. Bauamtsleiter:innen sowie weitere Ansprechpersonen regelmäßig mit den neuen Informationsmaterialien (digitale Versionen und gedruckte Exemplare) versorgt. Sowohl die Einbindung der Bürgermeister:innen als auch die Einbindung der Bauamtsleiter:innen eignen sich nach den im Rahmen von WieBauin gemachten Erfahrungen hervorragend, um die Kommune selbst, aber auch die Bevölkerung niederschwellig für die Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren und sensibilisieren.

### **Soziale Medien**

Soziale Medien – z. B. Facebook, Instagram und Twitter – gehören heute zu einem festen Instrument der Öffentlichkeitsarbeit. Vor allem bei den jüngeren Generationen generieren sie eine enorme Reichweite, die nicht vernachlässigt werden sollte. Bei den sozialen Medien muss jedoch darauf geachtet werden, dass das Verfassen von Beiträgen für die Veröffentlichung nicht mit den klassischen Kommunikationsmedien vergleichbar ist und somit einen deutlichen Mehraufwand bzw. neue Herausforderungen bei der Pressearbeit bedeutet (Treffer 2018, S. 161), auch weil jedes Medium eigene Rahmenbedingungen hat. Nichtsdestotrotz stellen soziale Medien ein geeignetes Instrument dar, um die Öffentlichkeit über die Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren und zu sensibilisieren.

Aus diesem Grund wurde im April 2022 für den Bauteilkreisels Region Darmstadt-Dieburg ein eigener Account bei Instagram und Facebook eingerichtet und ein- bis zweiwöchentliche Beiträge erstellt. Auf diese Weise konnte eine weitere Informationsplattform genutzt und die Reichweite vergrößert werden, da die Möglichkeit besteht auch diejenigen Teile der Öffentlichkeit, die nie oder nicht regelmäßig Zeitungen lesen, abzuholen und mitzunehmen. Darüber hinaus können Interessierte über Kommentare untereinander kommunizieren und auch direkt mit dem Projektteam in Kontakt treten. Neben Informationen rund um WieBauin und die verschiedenen Funktionen und Unterstützungsangebote des Bauteilkreisels – bspw. Schadstoffverzeichnis, Materialertragsrechner, Beratungsangebote (siehe auch Kapitel 4.3.3) – wurden auch generelle Informationen zur Notwendigkeit der Wiederverwendung von Baumaterialien, anschauliche Praxisbeispiele und Einblicke in die aktuellen Entwicklungen des Forschungsprojektes präsentiert. Mit Hilfe eines Redaktionsplanes, der fortlaufend weitergeschrieben wurde, konnte zielgerichtet auf die gleichmäßige Verteilung der verschiedenen Inhalte und eine übersichtliche Planung der Beiträge geachtet werden.

Zusätzlich wurde auf einigen kommunalen Accounts der Städte und Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg ebenfalls auf die Wiederverwendung von Baumaterialien und den Bauteilkreisels als Internetplattform aufmerksam gemacht. Auf diese Weise konnte die Reichweite zusätzlich erhöht werden.

Wie auch bei einer projektbezogenen Internetseite ist es jedoch häufig so, dass projektbezogene Accounts der sozialen Medien nach Ende des Vorhabens aufgrund fehlender personeller und finanzieller Kapazitäten nicht

---

mehr weitergeführt werden. Es ist daher sinnvoll, dass Kommunen, Dienstleister etc., die explizit auf die Wiederverwendung von Baumaterialien aufmerksam machen möchten, die Themen auf ihren eigenen Accounts sinnvoll einbinden.

### **Audiomedien**

Audiomedien erfreuen sich schon seit vielen Jahren einer hohen Beliebtheit. Dabei haben Studien der vergangenen Jahre gezeigt, dass das klassische Radio das zentrale, lineare Audiomedium ist, denn jeden Tag hören 68 % der Deutschen ab 14 Jahren Radio. Jedoch nimmt auch die non-lineare Audionutzung – bspw. zeitversetztes Radio, Podcasts oder Musik über YouTube – weiter zu. Inwieweit sich dieser Trend zukünftig fortsetzt und zu einer prozentualen Verschiebung der Nutzung von Audiomedien führt, gilt es abzuwarten. Grundlegend wird aber erwartet, dass das klassische Radio nicht an Bedeutung verlieren wird. Vielmehr stellt die non-lineare Audionutzung eine Chance für Radiosender dar, denn sie können ihr Angebot erweitern und so neue Zielgruppen erreichen. (Mai und Oehsen 2022, S. 445)

Im Rahmen von WieBauin hat das Projektteam selbst keine Beiträge für Audiomedien erstellt, da keine eigene Plattform für die Veröffentlichung zur Verfügung stand und folglich die Generierung einer gewinnbringenden Reichweite mit einem enormen Aufwand verbunden wäre. Jedoch wurden durch die breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit Radiosender auf WieBauin bzw. den Bauteilkreislauf aufmerksam. So gab es bspw. am 17. November 2021 bei hr1 (erstes Hörfunkprogramm des Hessischen Rundfunks) einen Beitrag über den Bauteilkreislauf. Aber auch beim Umweltmagazin von SWR Aktuell hat der WieBauin-Projektleiter Hans-Joachim Linke die Möglichkeit bekommen das Forschungsprojekt vorzustellen und eindrücklich zu erklären wie man alte Bausubstanz mit anderen Augen sehen kann (nicht als Bauschutt, sondern als Fundgrube für die Wiederverwendung) (Südwestrundfunk (SWR Aktuell) 2022). Durch diese Beiträge konnten eine Vielzahl von Hörer:innen für das Thema Wiederverwendung sensibilisiert werden.

### **Öffentliche Veranstaltungen und Konferenzen**

Als weiteres Element, um die Bevölkerung über die Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren bzw. sensibilisieren, sind öffentliche, regionale Informationsveranstaltungen sinnvoll. Neben Fachvorträgen, bspw. zu neuen Entwicklungen und Erkenntnissen sowie Besichtigungen lokaler Positivbeispiele, kann darüber hinaus ein persönlicher Austausch zwischen den Interessierten stattfinden und neue Kontakte geknüpft werden. Damit ein solches Angebot wahrgenommen und ausreichend besucht wird sowie schlussendlich erfolgreich ist, muss vorab eine entsprechende Bewerbung der Veranstaltung stattfinden. Dies kann z. B. über die sozialen Medien, kommunale Homepages, Anzeigen in Zeitungen oder passende Flyer erfolgen. Im nachfolgenden Kapitel werden einige Veranstaltungen und Konferenzen, die WieBauin selbst ausgerichtet bzw. durch einen Vortrag / Stand bereichert hat, erläutert, wobei dies keine abschließende Übersicht darstellt (eine abschließende Übersicht findet sich in Kapitel 5).

Zu Beginn des Projektes fand im Rathaus der Gemeinde Münster eine öffentliche Auftaktveranstaltung statt, die Akteure der Abbruch- und Entsorgungswirtschaft, Behörden, kommunale Politiker:innen und interessierte Bürger:innen aus dem Landkreis Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt adressierte. Die Veranstaltung wurde durch mehrere Vorträge, die neben der grundsätzlichen Idee des Forschungsprojektes auch die Ziele der kommunalen Partner:innen und des Landkreises bzw. der Stadt Darmstadt thematisierten, strukturiert. Abschließend hatten die Zuhörer:innen die Möglichkeit Fragen zu stellen. Durch diese Veranstaltung konnte bereits frühzeitig die Öffentlichkeit für die Problemstellung sensibilisiert und zur Mitwirkungsbereitschaft angeregt werden.

---

Darüber hinaus wurde das Forschungsprojekt (Projektgegenstand, Projektpartner, aktueller Stand) in einer Sitzung des Bau-, Planungs- und Umweltausschusses der Gemeinde Münster (Hessen) im August 2021 vorgestellt, inkl. der Möglichkeit offene Fragen zu klären. Da diese Sitzungen immer als öffentliche Veranstaltung durchgeführt werden, konnte neben den stimmberechtigten Mitgliedern des Ausschusses auch Interessierte aus der Bevölkerung über die Thematik informiert und sensibilisiert werden. Die Folien des Vortrages können zudem als PDF im Rats- und Bürgerinformationssystem von Münster heruntergeladen werden (Gemeindeverwaltung Münster 2021), sodass sich auch diejenigen, die an der Sitzung verhindert waren, im Nachgang über das Projekt informieren können.

Zusätzlich wurde der offizielle Start der Internetplattform Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg Ende Oktober 2021 öffentlichkeitswirksam durchgeführt. Neben mehreren Presseartikeln in lokalen und regionalen Zeitungen, die sowohl vom Projektteam als auch von den Redakteur:innen geschrieben wurden, gab es auch ein kurzes, digitales Event mit allen Projektbeteiligten, der Presse und der interessierten Öffentlichkeit. Dieses Go-live-Event wurde durch aussagekräftige Redebeiträge – bspw. zur Motivation der Partner:innen zur Projektmitwirkung sowie den Erwartungen und Hoffnungen an die Plattform – unterstützt.

Des Weiteren nahm das WieBauin-Projektteam zur Bekanntmachung des Projektes (mit einem Schwerpunkt auf der Steigerung des Bekanntheitsgrades des Bauteilkreisels) während der Umsetzungs- und Verstetigungsphase an diversen, öffentlichen Veranstaltungen teil. So wurde das Projekt und der Bauteilkreisel im April 2022 bspw. im Rahmen der einmonatigen Ausstellung ‚UpCycling :: ReUse‘ des Mainzer Zentrums Baukultur Rheinland-Pfalz und bei der Abschlussveranstaltung ‚Ortsbildrahmenplan – Bürgerbeteiligung‘ der Stadt Griesheim (Landkreis Darmstadt-Dieburg) vorgestellt (siehe Abb. 16).



Abb. 16: Vorstellung von WieBauin in Mainz (links) und Griesheim (rechts) (links: Schäfer 2022; rechts: Stadt Griesheim 2022)

Auch bei der Veranstaltung ‚Offenes Ober-Klingen‘, die am 28. August 2022 im Rahmen der Oetzbergwoche stattfand, konnten sich die Besucher:innen in ausgewählten Höfen über den Bauteilkreisel und die Wiederverwendung von Baumaterialien informieren (siehe Abb. 17). Zusätzlich nahm das Projektteam mit einem Vortrag am ersten hessischen Re-Use Symposium teil, zu dem das Re-Use Netzwerk Hessen am 7. September 2022 in Frankfurt am Main gemeinsam mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und dem Umweltamt der Stadt Frankfurt einlud. Mit dem hessenweiten Re-Use Netzwerk bekommen die Akteure in den Kommunen eine zentrale Anlaufstelle in Hessen, ein Informationsangebot und die Möglichkeit durch Vernetzung Synergieeffekte auszuloten. Durch die Teilnahme konnten diverse neue Kontakte geknüpft und interessante Ansätze für zukünftige Kooperationen geknüpft werden.



Abb. 17: Vorstellung von WieBauin bei der Veranstaltung ‚Offenes Ober-Klingen‘ (eigene Fotos)

Zudem beteiligte sich das Projektteam ebenfalls bei den jährlichen Statuskonferenzen der BMBF-Förderrichtlinie Stadt-Land-Plus (bspw. am 19. und 20. September 2022 in Leipzig (siehe Abb. 18)). Die Statuskonferenz gab den Projektbeteiligten die Möglichkeit den aktuellen Stand ihrer Projekte vorzustellen und dabei einen besonderen Fokus auf den Aspekt der Umsetzung und Verstetigung der Projektergebnisse zu legen. Gleichzeitig gab es die Gelegenheit mehr von den anderen Forschungsprojekten zu erfahren und mit den verantwortlichen Mitarbeitenden in einen Austausch, bspw. über die besten Strategien für den Verstetigungsprozess und Unterstützungsbedarfe, zu treten. So konnten gemeinsam neue Ideen und Lösungsansätze entwickelt werden, die es im weiteren Verlauf des Projektes umzusetzen gilt.



Abb. 18: Stadt-Land-Plus Statuskonferenz 2022 in Leipzig (eigene Fotos)

Besonders hervorzuheben ist zudem noch die ‚1. Konferenz zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien‘, die am 8. September 2022 in Münster (Hessen) stattfand und durch das WieBauin-Team organisiert wurde. Bei der Veranstaltung kamen über 60 Fachleute und Interessierte zusammen, um dieses Zukunftsthema zu diskutieren (siehe Abb. 19). Die Einführung in die Veranstaltung übernahmen das WieBauin-Team sowie ihre Projektpartner. Es folgte ein Vortrag zum Thema ‚Kreisläufe schließen – Hochwertiger Wiedereinsatz von Baumaterial‘ der Architektin Ute Dechantsreiter aus Bremen vom Bundesverband bauteilnetz Deutschland e. V.. Anschließend referierte der Architekt Dr. Martin Zeumer von der ee concept GmbH über ‚Gebäudebezogene Umweltwirkungen: Die Rolle der Wiederverwendung von Bauteilen‘. Einen Erfahrungsbericht aus der Praxis der

Wiederverwendung lieferte Bernfried Kleinsorge zum Thema ‚Wiederverwendung von Baustoffen und Bauteilen: Möglichkeiten und Erfahrungen – Probleme und Lösungen‘. Anschließend erklärte der Mitgründer der restado GmbH sowie der Concular GmbH, Julius Schäufele, in seinem Vortrag ‚Wie wir Zirkularität im Gebäudesektor erreichen‘. Zum Abschluss der Veranstaltung gab es eine lebhaft Podiumsdiskussion.



Abb. 19: 1. Konferenz zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien (eigene Fotos)

Im Rahmen der WieBauin Konferenz entstand die Idee einen ‚Runden Tisch der Bauteilwiederverwendung‘ einzurichten, um die Kontakte zu Akteur:innen der Baubranche zu halten sowie zu intensivieren, sodass von den gegenseitigen Ideen, Erfahrungen und Reichweiten profitiert werden kann. Der erste Runde Tisch fand im November 2022 statt und wurde von Architekt:innen, Bau- und Abrissunternehmer:innen, Handwerker:innen sowie privaten Bauherr:innen der Region besucht (siehe Abb. 20). Um die vielfältigen angesprochenen Themenbereiche weiter zu bearbeiten und die Vernetzung zu intensivieren, wurde in 2023 eine Folgeveranstaltung durchgeführt, die separat die Angebots- und Nachfrageseite bzw. private und gewerbliche Interessierte adressiert hat.



Abb. 20: Runder Tisch im November 2022 (eigene Fotos)

Der EAD der Wissenschaftsstadt Darmstadt betreibt in Darmstadt ein Secondhandkaufhaus, das Ka-Gel (Kaufhaus der Gelegenheiten). Dieses soll zukünftig zu einer Nachhaltigkeitsplattform weiterentwickelt werden, die sich dem Klimaschutz, der Nachhaltigkeit sowie Re-Use-Konzepten widmet und Bürgerinnen und Bürger hierzu relevante Informationen bereitstellt. In diesem Rahmen hatten Darmstädter Nachhaltigkeitsinitiativen und -akteure vom 22. bis 26. November 2022, der europäischen Woche der Abfallvermeidung, die Möglichkeit, sich der Öffentlichkeit vorzustellen. Dies nutzte auch das Forschungsprojekt WieBauin und stellt seine Ergebnisse sowie den Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg vor (siehe Abb. 21).



Abb. 21: WieBauin-Stand im Darmstädter Ka-Gel im Rahmen der europäischen Woche der Abfallvermeidung 2022 (eigenes Foto)

Vor mehr als 100 Zuhörenden, viele davon aus der Architekt:innen- und Handwerker:innenschaft des Odenwaldkreises, hatte WieBauin die Gelegenheit am 23. Februar 2023 bei einer Veranstaltung der Odenwaldakademie in Erbach über neu gewonnene Erkenntnisse zur Wiederverwendung von gebrauchten Baumaterialien zu berichten (siehe Abb. 22). In einer nachfolgenden anregenden Diskussion wurden die hierbei bestehenden Herausforderungen intensiv diskutiert und neue kreative Gedankenansätze entwickelt.



Abb. 22: Vortrag bei der Odenwaldakademie im Februar 2023 (Odenwald-Akademie 2023)

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass die Teilnahme an verschiedensten öffentlichen Veranstaltungen und Konferenzen ein wichtiges Element ist, um die Bevölkerung intensiv über die Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren und für diese zu sensibilisieren. Die in WieBauin gemachten Erfahrungen haben eindrücklich gezeigt, dass sich sowohl die reine Teilnahme an Veranstaltungen (am besten ist die Teilnahme aber an das Halten eines Vortrages gekoppelt) als auch der dort stattfindende Austausch, geführte Diskussionen und das Entstehen neuer Kontakte positiv auf die Umsetzung und Verstetigung des Forschungsprojektes auswirken.

### **Vorhaben der Dorf- und Regionalentwicklung**

Das Thema der Wiederverwendung von Baumaterialien wurde auch im Rahmen von Dorf- und Regionalentwicklungsvorhaben mit Eigentümer:innen von Immobilien, die Rück-, Um- und Ausbaumaßnahmen planen, angesprochen. Dabei wurde die Möglichkeit zur Bauteil- und Materialwiederverwendung auf dem Bauteilkreislauf



---

Darmstadt-Dieburg sowie die angebotenen Unterstützungsmöglichkeiten von nahezu allen Eigentümer:innen als sinnvoll und begrüßenswert empfunden (Erfahrung aus Begleitung zu ca. 20 Terminen).

Gleichzeitig fehlen im komplexen und unter terminlichem und finanziellem Druck stehenden Bauablauf oftmals zeitliche und organisatorische Kapazitäten für den optionalen Mehraufwand durch die Inserierung der freiwerdenden Bauteile. Ein finanzieller Ausgleich dieses Mehraufwands durch den Verkauf der Materialien wird nur selten (bspw. bei gesundem, großformatigem Altholz) erwartet. Eigentümer:innen wurden daher im Rahmen der Vorhaben der Dorf- und Regionalentwicklung ermutigt, diejenigen Bauteile und Materialien, die schadstofffrei sind und sich ohne Beschädigung ausbauen lassen, bereits vor Beginn der Baumaßnahme auf dem Bauteilkreislauf zu inserieren. Insbesondere Fenster und Außentüren ohne historischen Wert, die im Rahmen einer energetischen Instandsetzung erneuert werden, wurden kaum zur Wiederverwendung angeboten. Als Grund dafür wurde genannt, dass nicht damit gerechnet wird, einen Abnehmer für solche nicht mehr in ihrer ursprünglichen Funktion als Element der thermischen Trennung einsetzbaren Bauteile zu finden.

### **Zusammenfassung der Öffentlichkeitsarbeit**

Wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, gibt es diverse Elemente und Wege die Öffentlichkeit im Hinblick auf die Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren und sensibilisieren. Um einen möglichst großen Anteil der Bevölkerung zu erreichen und das Thema langfristig als einen Bestandteil der Allgemeinbildung zu etablieren, empfiehlt es sich durch die Nutzung verschiedener Instrumente eine langfristige und breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit durchzuführen. Die Erfahrungen in WieBauin haben gezeigt, dass eine intensive und kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit extrem wichtig ist, um neben einem ausreichenden Angebot an wiederverwendbaren Baumaterialien auch eine hohe Nachfrage zu schaffen und so für eine Reduzierung des Abfallaufkommens zu sorgen.

### **4.3.2 Ansprache der Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude**

Die Wiederverwendung von Baumaterialien kann langfristig nur erfolgreich sein, wenn neben einer ausreichenden Nachfrage auch das erforderliche Angebot vorhanden ist. Das Angebot an Baumaterialien wird hauptsächlich durch den (Teil-)Rückbau, den Neubau oder die Umnutzung eines Gebäudes generiert. Die Eigentümer:innen dieser Immobilien müssen daher besonders angesprochen werden, da ihnen bewusstwerden muss, dass sie solche Baumaterialien besitzen und diese zudem einen ökologischen und ggf. ökonomischen Wert aufweisen. Darüber hinaus müssen ihnen die Möglichkeiten und Grenzen einer Wiederverwendung vermittelt und Unterstützung bei dem weiteren Umgang mit diesen angeboten werden (siehe Kapitel 4.3.3).

Um die Eigentümer:innen leerstehender Gebäude auf die Thematik aufmerksam zu machen, bietet es sich neben der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit (siehe Kapitel 4.3.1) an, unterschiedliche kommunale Anlaufstellen, die in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellt werden, zu nutzen.

### **Städte und Gemeinden**

Städte und Gemeinden sind aufgrund der ihnen obliegenden Hoheit bei städtebaulichen Planungen regelmäßige Ansprechpartnerin von Immobilieneigentümer:innen, wenn diese einen (Teil-)Rückbau, einen Neubau oder eine Umnutzung ihrer Immobilie planen. Da dabei die Wiederverwendung von Baumaterialien eine besonders hohe Relevanz hat, sollte die Kommune bei Anfragen immer auf diese Möglichkeit aufmerksam machen und die Eigentümer:innen so für einen nachhaltigeren Umgang mit wertvollen Baumaterialien sensibilisieren und motivieren.

---

Darüber hinaus hat die Kommune die Möglichkeit, die Eigentümer:innen leerstehender Gebäude direkt anzusprechen. Dies kann bspw. beim Betreiben einer aktiven Innenentwicklung, der Umsetzung einer Dorferneuerung oder innerhalb eines förmlich festgelegten Sanierungsgebietes sinnvoll sein. Die Ansprache kann unmittelbar über die Bürgermeister:innen, welche als die einflussreichsten lokalen Akteure gelten, oder ggf. auch weitere Verwaltungsmitarbeitende in Form eines persönlichen Briefes erfolgen. Das Angebot von weiterführenden Beratungen, z. B. in Form von Beratungsgesprächen (siehe Kapitel 4.3.3), kann die Ansprache sinnvoll ergänzen.

Die Gemeinden Münster (Hessen) und Otzberg haben auf ein Anschreiben der Eigentümer:innen durch die amtierenden Bürgermeister oder die Verwaltung verzichtet. Aus diesem Grund kann im Rahmen von WieBauin keine Einschätzung über den Erfolg dieser Form der Ansprache gegeben werden. Die Ergebnisse des Forschungsprojekt AktVis haben aber gezeigt, dass die direkte Ansprache der Eigentümer:innen zwar mit einem hohen zeitlichen und organisatorischen Aufwand verbunden ist, aber durchaus zielführend ist (Linke et al. 2019, S. 174).

### **Baugenehmigungsbehörde**

Nach § 62 Abs. 1 der Hessischen Bauordnung (HBO) bedarf „die Errichtung, Aufstellung, Anbringung und Änderung, die Nutzungsänderung, der Abbruch und die Beseitigung von Anlagen oder von Teilen“ (HBO) einer Baugenehmigung. Vorhaben, die nach § 63 HBO keiner Genehmigung für den Abbruch bzw. die Beseitigung bedürfen, können der Anlage entnommen werden. Dazu gehören nach Anlage IV der HBO:

- „bauliche Anlagen nach Abschnitt I [Errichtung, Aufstellung, Anbringung],
- Gebäude bis 300 m<sup>3</sup> Brutto-Rauminhalt [...],
- Gebäude der Land- oder Forstwirtschaft oder des Erwerbsgartenbaus bis 150 m<sup>2</sup> Grundfläche [...],
- Behälter bis 150 m<sup>3</sup> Behälterinhalt,
- Feuerstätten und ihre Verbindungsstücke,
- Transformatoren- und Gasreglerstationen sowie Funkcontainer,
- Gerüste.“ (HBO)

Soweit für den (Teil-)Rückbau oder den Umbau einer Immobilie eine Baugenehmigung erforderlich ist, kann durch die Baugenehmigungsbehörde eine entsprechende Beratung zur Wiederverwendung von Baumaterialien erfolgen. Allerdings ergibt sich in der Praxis häufig die Problematik, dass die Unterlagen zur Baugenehmigung zum Zeitpunkt der Kontaktaufnahme des Bauherrn bzw. der Bauherrin mit der Baugenehmigungsbehörde bereits vorliegen und sich damit eventuelle Umplanungen für eine Wiederverwendung von Baumaterialien häufig nur noch mit zusätzlichem Aufwand umsetzen lassen. Insofern wäre es sinnvoll bereits sehr frühzeitig im Prozess eines Baugenehmigungsverfahrens die Thematik einer Wiederverwendung von Baumaterialien einzubinden.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass baugenehmigungsfreie Bauvorhaben über diesen Weg nicht erreicht werden können. Um auch bei diesen Vorhaben auf die Wiederverwendung von Baumaterialien aufmerksam zu machen, ist bspw. eine stärkere Einbindung und Ansprache durch die allgemeine Öffentlichkeitsarbeit (siehe Kapitel 4.3.1) oder die Abfallwirtschaft notwendig. Baugenehmigungsfreie Bauvorhaben sollen aber nicht durch ein obligatorisches Beratungsgespräch, das primär die Wiederverwendung thematisiert, verlängert und verkompliziert werden. Dies würde entgegen dem eigentlichen Ziel stehen.

### **Abfallwirtschaft**

Auch die Abfallwirtschaft kann einen relevanten Beitrag für die Wissensbildung der Bevölkerung, vor allem der Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude, leisten.

---

In Hessen sind nach § 1 Abs. 2 des Hessischen Ausführungsgesetzes zum Kreislaufwirtschaftsgesetz (kurz HAKrWG) „die kreisangehörigen Gemeinden und die kreisfreien Städte [verpflichtet] die in ihrem Gebiet angefallenen und überlassenen Abfälle einzusammeln“ (HAKrWG). Diese sind gemäß § 1 Abs. 3 anschließend von den Entsorgungspflichtigen (kreisfreie Städte und Landkreise) „zu verwerten oder zu beseitigen“ (HAKrWG). Dabei gilt es, die Abfallhierarchie nach § 6 Abs. 1 KrWG – Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling, Verwertung, Beseitigung (KrWG) – anzuwenden und einzuhalten. Darüber hinaus geben die Entsorgungspflichtigen in Form eines Abfallwirtschaftskonzeptes, das die Vorgaben des § 30 KrWG berücksichtigt und alle sechs Jahre fortgeschrieben wird, gemäß § 8 Abs. 2 HAKrWG u. a. Auskunft über die Art, die Menge und den Verbleib des anfallenden Abfalls sowie Maßnahmen, die für die Verwertung und Beseitigen von Abfällen getroffen und geplant sind. Es bietet sich also an, in solche Abfallwirtschaftskonzepte auch Maßnahmen zur Wiederverwendung von Baumaterialien aufzunehmen.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg hat der Landkreis die grundlegende Entsorgungspflicht. Die damit verbundenen Aufgaben hat er im Jahr 2006 an den Eigenbetrieb für Gebäude- und Umweltmanagement des Landkreises Darmstadt-Dieburg (Da-Di-Werk) übertragen. Das Da-Di-Werk hat somit auch das aktuell gültige Abfallwirtschaftskonzept aus dem Jahr 2018 erstellt. Der Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung (ZAW) ist im Landkreis dagegen nur für das Einsammeln von Abfällen und Wertstoffen, und gemeinsam mit den 23 Kommunen des Landkreises für das Einrichten und Betreuen der Sammelstellen zuständig. (ZAW 2020a) In der Stadt Darmstadt hat der Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen (EAD) die Entsorgungspflicht und ist für alle dazugehörigen Aufgaben verantwortlich. Der EAD hat im Jahr 2018 das aktuell gültige Abfallwirtschaftskonzept formuliert.

Beide Abfallwirtschaftskonzepte enthalten zum aktuellen Zeitpunkt (Oktober 2021) keine hinreichenden Informationen oder Maßnahmen zu Baumaterialien, die beim (Teil-) Rückbau oder Umbau einer Immobilie anfallen und somit für die Wiederverwendung in Frage kommen (Da-Di-Werk 2018). Bei der nächsten Überarbeitung sollte daher unbedingt darauf geachtet werden, Maßnahmen der Wiederverwendung von Baumaterialien aufzunehmen. Darüber hinaus sollten die Webseiten der Abfallwirtschaftsbetriebe, die Abfallkalender etc. genutzt werden, um aktiv auf die Thematik hinzuweisen und den Bürger:innen weitere Informationen digital zur Verfügung zu stellen. So können bspw. die Vorteile einer Wiederverwendung von Baumaterialien anhand mehrerer, anschaulicher Positivbeispiele verdeutlicht und auf die in WieBauin entwickelte Internetplattform Bauteilkreislauf bzw. die WieBauin-Homepage und andere Marktplätze hingewiesen werden. Ein Beratungsangebot rundet den Beitrag der Abfallwirtschaft ab. Dieses kann gut in die bereits bestehende Abfallberatung, z. B. beim EAD für private Haushalte, eingebunden werden. Dabei kann auch auf die langjährigen Erfahrungen, die die Abfallwirtschaft bereits mit dem Recycling von bspw. Elektroschrott gesammelt hat, zurückgegriffen und hiervon profitiert werden.

### **Bürger:innendialog im Austausch mit WieBauin**

Ab November 2020 wurden im Landkreis Darmstadt-Dieburg, insbesondere in den Partnergemeinden Otzberg und Münster (Hessen), Vor-Ort-Termine mit Immobilieneigentümer:innen initiiert, die bereits Erfahrungen mit der Wiederverwendung von Baumaterialien gesammelt hatten. Ein Ziel war die Erarbeitung einer Fotodokumentation von Best-Practice-Beispielen, die im weiteren Projektverlauf sowohl für die Öffentlichkeitsarbeit, als auch für die Beratungen genutzt werden konnte. Darüber hinaus konnten die Erfahrungen der Immobilieneigentümer:innen hinsichtlich ihrer Beweggründe, der Materialquellen und Herausforderungen genutzt werden, um sie in die Konzipierung der Beratungsgespräche und des Beratungsleitfadens einfließen zu lassen.

Bei älteren, meist denkmalgeschützten Häusern und Hofanlagen wurde oft die Kompatibilität der Baumaterialien als Beweggrund der Wiederverwendung angeführt. Alte, gebrauchte Baumaterialien passten optisch/bauphysikalisch besser zu den Bestandmaterialien und ließen sich besser einfügen und mit diesen kombinieren, da

---

bestimmte alte Formate heute nicht mehr hergestellt würden. Ein weiterer Vorteil von alten, gebrauchten Baumaterialien sei, dass sie oft mehr Charme und Charakter besäßen, weil sie eine Geschichte erzählten und einen Raum so besonders machten. Außerdem könnten durch deren Verwendung Baukultur und handwerkliche Traditionen bewahrt werden, welche für einige Bauherr:innen aufgrund ihrer Familiengeschichte bedeutsam waren. Bspw. ließen sich in einigen Häusern handwerkliche Besonderheiten nachweisen, weil einer der Vorfahren Schreiner, Schlosser oder Glaser war. Das Bewahren eines solchen handwerklichen Erbes war für einige Familien besonders wichtig und selbstverständlich.

Eine weitere in den Gesprächen mit den Immobilieneigentümer:innen genannte Motivation für die Wiederverwendung waren wirtschaftliche Überlegungen. Gebrauchte Baumaterialien seien, sofern es sich nicht um historische Einzelstücke handelt, oft günstiger als vergleichbare Neuware. Da ein Neu- oder Umbau bzw. eine Sanierung meist sehr kostenintensiv sei, mache eine Wiederverwendung für manche Bauherr:innen ein Projekt überhaupt erst finanzierbar. In einigen Gebäuden, wie z. B. Stallungen oder anderen Nebengebäuden, spielte die Optik für die Besitzer:innen keine besondere Rolle. So konnten hier auch Baumaterialien, wie weniger ansprechende Fenster aus den 1980er Jahren, wiederverwendet werden. Auch der Wärmeschutzstandard spielte für die kontaktierten Eigentümer:innen von solchen unbeheizten Gebäuden nur eine untergeordnete Rolle.

Bei Nebengebäuden wurde teilweise das Gebäude an vorhandene, gebrauchte Baumaterialien angepasst. Beispiele sind eine Scheune, in der eine Zwischenebene eingezogen wurde und dabei auf das Maß einer zur Wiederverwendung erworbenen alten Treppe eingegangen wurde oder eine Wandöffnung, die an ein zur Wiederverwendung erworbenes Fenster angepasst wurde. Bei allen befragten Immobilieneigentümer:innen hatte die Vermeidung von Bauabfällen sowie die Einsparung von Ressourcen für die Neuproduktion einen hohen Stellenwert.

Materialquelle: Die wiederverwendeten Baumaterialien stammten oftmals aus dem eigenen Bestand der Bauherr:innen und wurden bspw. während des Abrisses gesichert oder vor einer Kernsanierung aus dem Gebäude ausgebaut und später an anderer Stelle wieder eingebaut. Einige wurden jedoch aus weiteren Entfernungen bezogen, da passende Baumaterialien nicht immer einfach in der Nähe zu finden seien. Häufig gehörten die ehemaligen Eigentümer:innen der Baumaterialien zu den Bekannten oder Familienmitgliedern der Bauherr:innen, da man sich in diesem Fall weniger Sorgen um die Gewährleistung machen müsse als bei fremden Verkäufer:innen. Auch Abrissgebäude aus der Nachbarschaft wurden bei entsprechend guter sozialer Vernetzung der Eigentümer:innen als Materialquelle genannt.

Herausforderungen der Wiederverwendung aus Sicht der Immobilieneigentümer:innen: Neues Baumaterial wird selbstverständlich und auch in großen Mengen bis zur Haustür geliefert, während der Transport von wiederverwendbarem Baumaterial meist selbst organisiert werden müsse. Bei größeren Baumaterialien, wie kompletten Balkonen und Treppen, könne dies in der Umsetzung sehr aufwändig sein, da entweder ein geeignetes Fahrzeug zu organisieren sei oder eine Spedition gefunden und bezahlt werden müsse. Auch die Unsicherheit bezüglich der Gewährleistung bei Privatkäufen wurde als Hemmnis genannt. So könne der Kauf gebrauchter Baumaterialien zwar Geld einsparen, sei aber mit Unwägbarkeiten/Risiken verbunden, die nicht jeder eingehen wolle oder könne. Einige gebrauchte Baumaterialien erfordern vor dem Einbau eine aufwändige Aufarbeitung. Da nicht jede/r Bauherr:in handwerkliche Fähigkeiten besitzt, ist in manchen Fällen die Aufarbeitung durch eine/n Handwerker:in nötig, was sehr kostspielig sei und sogar die Kosten eines Neuproduktes übersteigen könne.

Erfahrungen der Immobilieneigentümer:innen: Die Immobilieneigentümer:innen berichteten, dass sie bei der Wiederverwendung gelegentlich auf Unverständnis bei den ursprünglichen Eigentümer:innen der Baumaterialien stießen, da diese die Baumaterialien oft bereits zur Entsorgung vorgesehen hätten. Dass die Entsorgung Kosten verursache, die man einsparen könne, wurde dabei nicht ausreichend berücksichtigt. Viele Immobilieneigentümer:innen würden die schnelle Entsorgung über die zeitlich aufwändigere Wiederverwendung stellen,

da der Bauablauf durch eine Zwischenlagerung der gebrauchten Baumaterialien beeinflusst würde. Eigentümer:innen ohne große Scheunen hätten oft Probleme, einen geeigneten Platz für eine Übergangslagerung zu finden. Die Benutzung der Online-Handelsplattform Bauteilkreisel Region Darmstadt-Dieburg wurde im Gespräch mit den Immobilieneigentümer:innen als schwierig eingestuft, da z. B. das Einstellen eines Bauteils sehr zeitintensiv sei. Außerdem sei der Nutzerkreis durch die fehlende Bekanntheit vergleichsweise klein, daher würde es vorgezogen, ergänzend zur Inserierung auf dem Bauteilkreisel auch bekanntere Plattformen zu nutzen, um in absehbarer Zeit einen Verkauf zu erzielen.

Die geschilderten Erfahrungen zeigen, dass die Wiederverwendung von Baumaterialien noch nicht etabliert ist und gebrauchte Baustoffe noch nicht als gleichwertige Materialquelle angesehen werden.

### 4.3.3 Unterstützung durch Beratungsangebote

Neben der Sensibilisierung und Information der gesamten Bevölkerung benötigen vor allem die Immobilieneigentümer:innen, die laut einer Umfrage unter den Betreiber:innen von Bauteilbörsen aus dem Jahr 2013 ca. 80 % der Kaufkraft ausmachen (Dechantsreiter et al. 2015, S. 77), weiterführende Informationen. Dazu gehören sowohl Hinweise zu den Einsatzmöglichkeiten wiederverwendbarer Baumaterialien und Angaben zu den baukonstruktiven Eigenschaften ihres eigenen Gebäudes (Dechantsreiter et al. 2015, S. 77) als auch Hinweise zu weiteren relevanten Aspekten, die beim (Teil-)Rückbau, Neubau oder der Umnutzung eines Gebäudes eine Rolle spielen. Darüber hinaus benötigen die Immobilieneigentümer:innen regelmäßig Unterstützung beim Ausbau und der Vermarktung.

Eine solche Unterstützung kann durch leitfadengestützte Beratungsgespräche erfolgen. Das Beratungsangebot richtet sich dabei vor allem an private Eigentümer:innen von zum Abbruch anstehenden Gebäuden, die sich bereits für den (Teil-)Rückbau oder Umbau ihrer Immobilie entschieden haben, denen aber die grundlegenden Kenntnisse über das weitere Vorgehen fehlen. Das Beratungsangebot, das durch Aufklärung und persönliche Unterstützung die Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Baumaterialien zum Ziel hat und gemeinsam mit den kommunalen Partnern erarbeitet wurde, besteht aus zwei Teilberatungen. Zunächst findet eine Erstberatung durch die Kommune, die Baugenehmigungsbehörde oder die Abfallwirtschaft statt. Dieses wird während der Laufzeit des Forschungsprojektes kostenfrei vom WieBauin-Team angeboten. Anschließend folgt für spezifische Fragestellungen – z. B. zur Statik einzelner Bauteile – eine weitergehende Beratung durch regionale Expert:innen. Um bereits in der Erstberatung zu erkennen, wann eine weitergehende Beratung notwendig ist, ist es sinnvoll für verschiedene Anlaufstellen Weiterbildungen mit den wichtigsten, thematischen Grundlagen zu konzipieren und anzubieten.

Die Beratungsangebote gliedern sich nach dem in Abb. 23 dargestellten, allgemeinen Ablauf in vier Schritte, die sich auch an den im Forschungsprojekt AktVis gewonnenen Erfahrungen orientieren.

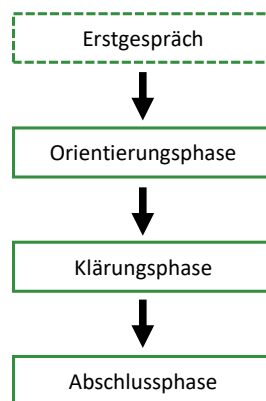


Abb. 23: Allgemeiner Ablauf der Beratungsgespräche (eigene Darstellung)

---

#### 4.3.3.1 Erstberatung

Wie bereits in Kapitel 4.3.2 beschrieben, eignen sich sowohl die Städte und Gemeinden als auch die Baugenehmigungsbehörde und die Abfallwirtschaft als Anlaufstellen für Beratungsangebote, um die Eigentümer:innen leerstehender Gebäude in einer Erstberatung auf die Thematik der Wiederverwendung von Baumaterialien aufmerksam zu machen.

Wenn die Kommune darüber hinaus noch eine aktive städtebauliche Innenentwicklung betreibt, d. h. strukturelle Gebäudeleerstände erfasst und die Eigentümer:innen solcher Immobilien zu einer Aktivierung anhält sowie dabei unterstützt, sollten auch in diesen Beratungsgesprächen auf die Möglichkeit der Wiederverwendung von Baumaterialien verwiesen werden. Weiterführende Informationen und Erfahrungen zur Aktivierung von Flächenpotenzialen können dem Schlussbericht des Forschungsprojektes AktVis entnommen werden (siehe [www.aktvis.de](http://www.aktvis.de)).

#### Beratungsablauf

In einem Erstgespräch (erstes Beratungsgespräch) werden die Vorstellungen und Erwartungen zwischen Berater:in (Stadt oder Gemeinde / Baugenehmigungsbehörde / Abfallwirtschaft) und Beratenden (Immobilien Eigentümer:in von zum Abbruch anstehendem Gebäude) geklärt, das Ziel der Beratung besprochen und die Rolle bzw. Funktion des/r Beratenden dargelegt. Dieser Schritt ist für einen weiteren reibungslosen Ablauf wichtig, da Eigentümer:innen zu Beginn oft höhere Erwartungen an die Berater:in haben als diese in einer Beratung tatsächlich leisten können. Ein Erstgespräch findet am besten telefonisch statt, um Missverständnissen, z. B. hinsichtlich des Umfangs möglicher Unterstützungen, vorzubeugen und schnell Antworten auf Fragen beider Seiten zu bekommen. Verläuft das Gespräch positiv und der zu Beratende hat weiterhin Interesse, Baumaterialien aus seinem Gebäude wiederzuverwenden oder zu verkaufen, können noch offene Fragen beantwortet, ein Termin für ein persönliches Treffen – am besten vor Ort – vereinbart und darauffolgende Schritte aufgezeigt werden.

Das persönliche Treffen vor Ort gliedert sich in folgende drei Bestandteile:

- die Orientierungsphase
- die Klärungsphase
- die Abschlussphase

In der Orientierungsphase treffen die Beratenden und die zu Beratenden in einem persönlichen Treffen aufeinander. Nach der Begrüßung wird der zu Beratende aufgefordert die jeweilige Situation kurz zu schildern. Findet die Beratung vor Ort statt, können die Erläuterungen nach Möglichkeit mit einer Besichtigung des betreffenden Gebäudes beginnen. Findet die Beratung dagegen nicht vor Ort statt, sind neben einführenden Erläuterungen der Immobilieneigentümer:innen auch eine ergänzende Betrachtung von Gebäudeplänen und / oder Fotos der Immobilie von außen und innen nötig, um einen Eindruck von dem Gebäude zu erhalten. Auf dieser Basis kann das nachfolgende Informationsangebot bedarfsgerecht abgestimmt und Hinweise zur individuellen Situation formuliert werden.

In der Klärungsphase werden zu Beginn allgemeine Informationen rund um das Thema (Teil-)Rückbau bzw. Umbau einer Immobilie und die Wiederverwendung von Baumaterialien vermittelt und auf das Handbuch zur Wiederverwendung von Baumaterialien als Nachschlagewerk, informative Flyer etc. verwiesen, in denen das zuvor Gesagte nachgelesen werden kann. Der/Die Beratende erläutert anschließend die Vorteile der Wiederverwendung und welche Baumaterialien grundsätzlich wiederverwendet werden können. Die Erläuterungen können durch die Liste regionaltypischer Baumaterialien (siehe Anhang 2), welche übersichtlich die im Allgemeinen für eine Wiederverwendung in Frage kommenden Baumaterialien auflistet, und das Zeigen einiger Positivbeispiele ergänzt werden. Zusätzlich wird durch die Beratenden der Materialertragsrechner vorgestellt, mit dem die Bür-

---

ger:innen eigenständig für verschiedene Baumaterialien ihres Gebäudes potentiell eingespartes Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Preise und eventuell anfallende Schadstoffe bestimmen können. Darüber hinaus wird dem zu Beratenden die in WieBauin entwickelte Internetplattform ‚Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg‘ gezeigt, auf der nicht mehr genutzte Baumaterialien für eine Wiederverwendung verkauft und gekauft werden können. Als Abschluss der Klärungsphase werden gemeinsam konkrete, auf den Einzelfall angepasste Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Das Beratungsgespräch endet mit der Abschlussphase. In dieser sollten die in der Klärungsphase besprochenen Themen und gemeinsam entwickelten Handlungsoptionen kurz zusammengefasst und das weitere Vorgehen erklärt werden. Zudem sollte auf die Möglichkeit der ergänzenden Beratung durch regionale Expert:innen und Unterstützer:innen verwiesen werden (inkl. Aushändigung einer Übersichtsliste mit Ansprechpersonen in der Region), an die sich die zu Beratenden für die Klärung weiterer, spezifischer Fragestellungen wenden können.

Anmerkung: Falls es sich bei den Beratenden um Beschäftigte im öffentlichen Dienst handelt, sollte in den Beratungsgesprächen die dienstliche Verpflichtung zur Neutralität beachtet werden. Empfehlungen einzelner Marktteilnehmer dürfen vor diesem Hintergrund nicht ausgesprochen werden. Bei Verweis auf eine Experten- oder Unterstützerliste sollte diese jedem interessierten Dienstleistenden frei zugänglich sein, um dem Verdachtsmoment der Bevorteilung entgegenzuwirken. Außerdem sollte bei Bereitstellung der Liste darauf hingewiesen werden, dass deren freie Zugänglichkeit eine Selektion oder Prüfung der Sachkundigkeit durch die beratende Stelle ausschließt und die Liste dadurch keine Empfehlungsliste darstellen kann. Im Zweifelsfall sollte das Bereitstellen einer Kontaktliste vor den Beratungsgesprächen hausintern (ggf. mit der zuständigen Rechtsabteilung) abgestimmt werden.

Abschließend können noch offene Fragen beantwortet werden.

Den zu Beratenden sollte nach Beendigung des Beratungsgesprächs bewusst sein, dass sie über Baumaterialien verfügen, die einen hohen ökologischen und ggf. ökonomischen Wert aufweisen und folglich einer Wiederverwendung zugeführt werden sollten, um langfristig Ressourcen zu schonen und das Abfallaufkommen zu reduzieren. Darüber hinaus sollten sie wissen, welche Baumaterialien in ihrem Gebäude tatsächlich für eine Wiederverwendung in Frage kommen (grundsätzlich kommen alle Baumaterialien, die nicht schadstoffbelastet sind und ohne Beschädigungen ausgebaut werden können, für eine Wiederverwendung in Frage) und wer die regionalen Expert:innen für weitergehende, spezifische Fragestellungen sind.

### **Checkliste**

Das erste Beratungsgespräch wird durch eine Checkliste unterstützt (siehe Tab. 6), die wichtige anzusprechende Aspekte übersichtlich zusammenfasst.

Tab. 6: Checkliste für Beratungsgespräche (eigene Darstellung)

Erstgespräch (telefonisch)	
<input type="checkbox"/>	Rolle des/der Beratenden (Stadt oder Gemeinde / Baugenehmigungsbehörde / Abfallwirtschaft)
<input type="checkbox"/>	Rolle des zu Beratenden (Immobilien Eigentümer:in von zum Abbruch anstehenden Gebäuden)
<input type="checkbox"/>	Ziel des Beratungsgesprächs
<input type="checkbox"/>	Klärung offener Fragen
<input type="checkbox"/>	Bei fortbestehendem Interesse: Weitere Schritte, inkl. Terminvereinbarung für ein persönliches Vor-Ort-Beratungsgespräch
Beratungsgespräch (persönlich)	
Orientierungsphase	
<input type="checkbox"/>	Begrüßung
<input type="checkbox"/>	Schilderung der aktuellen Situation durch Eigentümer:in, inkl. Ortsbesichtigung
Klärungsphase	
<input type="checkbox"/>	Allgemeine Information zum (Teil-)Rückbau bzw. Umbau einer Immobilie und zur Wiederverwendung von regionaltypischen Baumaterialien
<input type="checkbox"/>	Verweis auf das Handbuch zur Wiederverwendung von Baumaterialien, Flyer etc.
<input type="checkbox"/>	Liste regionaltypischer Baumaterialien
<input type="checkbox"/>	Positivbeispiele
<input type="checkbox"/>	Materialertragsrechner
<input type="checkbox"/>	Internetplattform Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg
Abschlussphase	
<input type="checkbox"/>	Zusammenfassung der besprochenen Themen
<input type="checkbox"/>	Erläuterung der weiteren Schritte
<input type="checkbox"/>	Verweis auf Unterstützerliste des Bauteilkreislaufs Region Darmstadt-Dieburg
<input type="checkbox"/>	Klärung offener Fragen

#### 4.3.3.2 Weitergehende Beratung durch regionale Expert:innen

Nach einer Erstberatung ist für spezifische Fragestellungen ggf. eine weitergehende Beratung durch regionale Expert:innen notwendig, die über umfassende Kenntnisse der baukonstruktiven Eigenschaften verschiedener Baumaterialien oder handwerkliche Erfahrungen bei der Aufbereitung solcher Produkte verfügen. Dazu gehören bspw. Architekt:innen oder Handwerker:innen, die sich bereits intensiv mit dem Thema der Wiederverwendung beschäftigt haben. Da diese Personen regelmäßig Beratungen durchführen, ist ein Vorschlag für einen detaillierten Beratungsablauf und eine Checkliste an dieser Stelle nicht notwendig.



---

#### **4.3.4 Handbuch für Beratungen zur Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Bauteile und anderer Baumaterialien**

Da das komplexe Thema der Wiederverwendung von Baumaterialien unterschiedliche Sachbereiche beinhaltet, kann nicht davon ausgegangen werden, dass Personen, denen eine beratende Rolle zukommt, zwangsläufig schon vorab mit allen diesen Teilbereichen vertraut sind. Daher wurde im Rahmen von WieBauin das ‚Handbuch für Beratungen zur Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Bauteile und anderer Baumaterialien‘ entwickelt, das grundlegende, inhaltliche Informationen für die Beratung von privaten Immobilieneigentümer:innen zur Aktivierung von wiederverwendbaren Baumaterialien bündelt, um diese den öffentlichen oder privaten Beratungsstellen und Akteuren, die die Wertschöpfung dieser Ressourcen fördern möchten, gesammelt zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus können die Inhalte auch direkt von interessierten, privaten Immobilieneigentümer:innen genutzt werden, um einen Überblick über die bei Rück- und Umbaumaßnahmen relevanten Themen zu generieren.

Das Handbuch geht insbesondere auf unterschiedliche Themenbereiche, die bei dem (Teil-)Rückbau oder Umbau einer Immobilie eine Rolle spielen können und somit auch für die Wiederverwendung von Bauteilen und anderen Baumaterialien von Relevanz sind, erläutert (siehe Anhang 3). Dazu gehören die folgenden Themen, die jeweils in einem einzelnen Kapitel dargestellt sind:

- Artenschutz
- Denkmalschutz
- Fördermöglichkeiten
- Baurechtliche Aspekte
- Bau- und Abbruchabfälle
- Verkauf auf dem Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg

Jeder Themenbereich beginnt mit einer Infobox, die das generelle Ziel eines Beratungsgesprächs mit den Eigentümer:innen bestehender Gebäude enthält und somit die wesentlichen Inhalte knapp zusammenfasst. So können sich die Berater:innen, die die Leser:innen dieses Handbuchs sind, in kurzer Zeit einen guten Überblick über die Inhalte des Handbuchs verschaffen.

Durch die Einbeziehung der Kommunen Otzberg und Münster (Hessen) sowie des Landkreises Darmstadt-Dieburg in die Recherchearbeit konnte von dem in den Behörden vorhandenen Fachwissen profitiert werden und eine Vernetzung zwischen Projektstellen und betreffenden Fachbehörden erzielt werden. Die Kontaktdaten für Letztere sind für spezifische fachliche Fragen außerhalb des Leistungsspektrums der allgemeinen Erstberatung im Handbuch angegeben.

#### **4.3.5 Erfahrungen aus der Umsetzungs- und Verstetigungsphase in WieBauin**

Aus den Beratungen der Baumaterialien abgebenden Seite konnten wertvolle Erfahrungen gewonnen werden. Hierunter fallen neben positiven Erfahrungen auch die Identifikation von Hemmnissen für die Inanspruchnahme der Beratungen sowie die Identifikation von Verbesserungspotenzialen im Rahmen der Beratungen.

##### **4.3.5.1 Initiierung der Beratungen**

Das Bauteilkreislauf-Team bot Privatpersonen im Rahmen einer kostenlosen Beratung Unterstützung bei der Wiederverwendung von Baumaterialien an. Die Beratungen wurden u. a. auf der Plattform Bauteilkreislauf, der projektbezogenen WieBauin-Homepage, dem Social Media-Account des Forschungsprojektes, den Social Media-Seiten der beteiligten Gemeinden Münster (Hessen) und Otzberg, in Artikeln lokaler Zeitungen sowie bei öffentlichen Veranstaltungen mit Bürgerbeteiligung u. a. über projektspezifische Flyer beworben.

---

Die Erfahrung zeigt, dass viele Bauherr:innen kein umfassendes Bewusstsein für die verborgenen Werte ihrer Baumaterialien haben und daher ohne Impuls nicht selbstständig aktiv werden, um ein Beratungsangebot wahrzunehmen. Das Setzen von Impulsen, die erste Kontaktaufnahme und die Benennung von Ansprechpersonen sind daher nicht zu vernachlässigende Faktoren für die Initiierung von Beratungsgesprächen. Dies kann z. B. durch eine breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit sowie durch die Nutzung behördlicher Strukturen umgesetzt werden. Neben den oben aufgeführten Kernelementen der Öffentlichkeitsarbeit findet sich eine detaillierte Auflistung der in WieBauin genutzten Maßnahmen in Kapitel 4.3.1. Im Folgenden wird dargestellt, wie neben der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit insbesondere die Strukturen der Verwaltung genutzt wurden, um das Beratungsangebot sowie das Themenfeld der Bauteilwiederverwendung weiter bekannt zu machen.

Eine Maßnahme bestand darin, das Beratungsangebot sowohl in der Bürgermeisterkreisversammlung als auch in der Bauamtsleiterrunde des Landkreises Darmstadt-Dieburg vorzustellen. Damit wurde den Gemeinden des Landkreises die Möglichkeit gegeben, auf das Beratungsangebot des WieBauin Teams hinzuweisen oder – falls gewünscht - mit Hilfe des Beratungsleitfadens ein gemeindeeigenes Beratungsangebot zu etablieren. Die Erfahrungen zeigten, dass neben den Bürgermeister:innen und Bauamtsleiter:innen auch die einzelnen Mitarbeitenden in den Verwaltungen und andere am Bau Beteiligte sensibilisiert und motiviert werden müssen. Hier konnten die Modellkommunen Otzberg und Münster (Hessen) eine Vorreiterrolle einnehmen und anhand eigener (Rück-)Baumaßnahmen zeigen, dass die Vermarktung und Verwendung von gebrauchten Baumaterialien allgemein und insbesondere auch bei kommunalen Bauprojekten durch die Initiative einzelner Personen gelingen kann. Die Darstellung dieses Positivbeispiels (nähere Beschreibung in Kapitel 4.3.1) war ein geeignetes Instrument, um im Projektverlauf weitere Personen an öffentlichen Stellen zu motivieren, Bürger:innen zur Wahrnehmung von Beratungsangeboten anzuregen und auf die verborgenen Werte von Baumaterialien aufmerksam zu machen. Durch die Aktivierung der zuständigen Mitarbeitenden in den Gemeinden konnten so - bspw. bei der Bearbeitung von Abbrucharträgen - Informationen über die Beratungsmöglichkeiten des WieBauin Teams und die Vermarktungsmöglichkeit von Baumaterialien auf dem Bauteilkreis an die Bürger:innen weitergegeben werden.

In der Gemeinde Münster (Hessen) wurde im Rahmen des Städtebauförderprogramms ‚Lebendige Zentren‘ u. a. ein Förderprogramm zur Fassadensanierung initiiert, in dem die Möglichkeit zur Förderung sichtbarer Umbauten besteht. In den damit verbundenen Baumaßnahmen wurde auch die Chance gesehen, eventuell vorhandene, freiwerdende Baumaterialien in die Vermarktung einzubringen. Aus diesem Grund war die Projektmitarbeiterin der Kommune Münster (Hessen) bei den Beratungen anwesend und konnte bei Bedarf auf die Möglichkeit der Bauteilwiederverwendung hinweisen. So konnte die Gemeinde das Thema direkt bei den Bürger:innen ansprechen, um bei diesen das Interesse für die Beratungsangebote sowie das Projekt und dessen Inhalte zu wecken.

Für den Zeitraum der Umsetzungsphase von Anfang Oktober 2021 bis Ende September 2023 wurde beim Landkreis Darmstadt-Dieburg eine Personalstelle geschaffen. Die Stelle wurde dem Fachbereich Dorf- und Regionalentwicklung (DeRe) zugeordnet, um die dortigen Vernetzungsmöglichkeiten mit den Bürger:innen im Landkreis sowie den anderen Fachbereichen des Fachgebiets Bauen und Umwelt nutzen zu können. So konnten bspw. über die regelmäßig stattfindenden Ortstermine der DeRe Kontakte zu Bürger:innen mit Um- und Rückbauvorhaben hergestellt werden und Antragstellende sowie Interessierte auch außerhalb der Ortstermine auf WieBauin aufmerksam gemacht werden. Neben der in Kapitel 4.3.1 beschriebenen Nutzung behördlicher Strukturen zur Verbreitung des Projektes (z. B. über den Presseverteiler des Landkreises) konnte bei verschiedenen Recherchen auch von den Sachkenntnissen der DeRe, der Unteren Denkmalschutzbehörde, der Bauaufsichtsbehörde und der Unteren Naturschutzbehörde profitiert werden. Der Bauaufsicht wurden außerdem nach Absprache 200 Flyer des Bauteilkreisels zur Verfügung gestellt. Diese sollten an die Sachbearbeiter:innen weitergeleitet werden, um bei genehmigungspflichtigen Bau- und Rückbauanträgen einen Hinweis auf das Projekt und

das Beratungsangebot zu ermöglichen. Darüber hinaus wurde bei öffentlichen Informations- und Bürgerbeteiligungsveranstaltungen im Rahmen des Dorf- und Regionalentwicklungsprogramms für den Bauteilkreis und die Wiederverwendung von Baumaterialien geworben.

Zur Steigerung der Anzahl der durchgeführten Beratungen nutzte das WieBauin-Team die Nähe zur DeRe, um auf diese Weise Bürger:innen mit Bauvorhaben direkt ansprechen und beraten zu können. Die inhaltliche Klammer zum Förderangebot der DeRe wurde zudem durch die explizite Erwähnung historischer Baumaterialien in den neuen Landes-Förderrichtlinien aus dem Jahr 2023 geschlossen:

„4.3.6 Zuwendungsfähige, nicht zuwendungsfähige Ausgaben  
Zuwendungsfähig sind alle Ausgaben, die zur Erreichung des Zweckes unbedingt erforderlich sind, insbesondere für [...] – Historische Baumaterialien, sofern die Angemessenheit der Ausgaben durch eine fachkundige Stelle (Handwerk, Denkmalpflege, Architekten) bestätigt wird“ (Staatsanzeiger für das Land Hessen 2023, S. 45)

So konnte darauf aufmerksam gemacht werden, dass gebrauchte Baumaterialien in der DeRe-Förderung gegenüber neuen Baumaterialien nicht benachteiligt werden und die Materialkosten gefördert werden können, sofern die übrigen Fördervoraussetzungen erfüllt sind und die Angemessenheit der Kosten durch eine fachkundige Stelle bestätigt wird.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde die Dorfentwicklungsbroschüre (siehe Abb. 24) des Landkreises Darmstadt-Dieburg, die sowohl bei fachbereichsspezifischen Beratungsgesprächen durch den Landkreis als auch im Kontext der Innenentwicklung durch die Gemeinden des Landkreises verteilt wurde, mit Flyern des Bauteilkreis bestückt. Diese Flyer enthielten neben allgemeinen Projektinformationen auch einen Hinweis auf das Beratungsangebot und Kontaktmöglichkeiten, wodurch zielgruppenorientiert die Beratung von Immobilieneigentümer:innen mit Bauvorhaben initiiert werden konnte. Um die Flyerbeilage auch bei geschlossener Broschüre erkennbar zu machen und zusätzliche Aufmerksamkeit zu generieren, wurde das Cover mit einem prominent platzierten Hinweisaufkleber versehen. Darüber hinaus fanden zu Beginn der Umsetzungsphase Projektvorstellungen im Fachbereich Klimaschutz, Infrastruktur und Standortförderung des Landkreises Darmstadt-Dieburg und bei der Unteren Denkmalschutzbehörde statt.



Abb. 24: Cover der Broschüre ‚Für mehr Leben im Dorf: Neuer Wohnraum in der Ortsmitte‘ mit Sticker des Bauteilkreises Region Darmstadt-Dieburg (eigene Darstellung)

Für den Erstkontakt zu Bauwilligen und die Initiierung von Beratungen empfiehlt sich die Einbindung von Architekt:innen (ggf. über die Kammern), da diese Berufsgruppe in ihrer Funktion als Bauherr:innenvertretung besonders geeignet ist, für das Thema Wiederverwendung zu sensibilisieren und planerisch Einfluss zu nehmen. Die Vorgehensweise zur Einbeziehung der Kammern wurde ebenfalls in Kapitel 4.3.1 dargestellt.

---

Zur Bewertung der Reichweite der Maßnahmen wurden Bürger:innen, die eigeninitiativ Kontakt zum WieBauin Team aufgenommen haben, dazu befragt, wie und wo sie auf das Beratungsangebot bzw. auf den Bauteilkreislauf aufmerksam geworden sind. Hier zeigte sich, dass insbesondere digital wenig vernetzte Menschen noch über Printmedien wie Aushänge in kommunalen Schaukästen, Lokalzeitungen und Flyer erreicht werden konnten. Auch die nachbarschaftliche Weitergabe von Informationen stellte in Gebieten mit entsprechend sozial vernetzten Bürger:innen eine wirksame Streuungsmöglichkeit dar. Fachpersonen aus der Baubranche konnten erwartungsgemäß am besten über Fachveranstaltungen informiert werden.

Zusammenfassend hat sich im Rahmen des Forschungsprojektes gezeigt, dass es zielführend ist, möglichst viele Wege zur Initiierung von Beratungsangeboten zu nutzen, um einen möglichst großen Teil der lokalen Bevölkerung, insbesondere der Immobilieneigentümer:innen, zu erreichen. Personen, die aufgrund ihrer Tätigkeit in den Kommunen gut vernetzt waren und Personen, die auf Gemeinde- oder Landkreisebene mit dem Themenfeld Bauen in Berührung kamen, eigneten sich durch die Möglichkeit der gezielten Ansprache von Bürger:innen mit Bauvorhaben als Multiplikator:innen für die Verbreitung der Projektinhalte, besonders zur Initiierung von Beratungen.

#### **4.3.5.2 Erfahrungen aus den Beratungsangeboten**

Ziel der Gespräche war es, eine Einführung und einen Überblick über die im Zusammenhang mit der Wiederverwendung relevanten Themen Artenschutz, Denkmalschutz, Fördermöglichkeiten, baurechtliche Aspekte, Bau- und Abbruchabfälle sowie Verkauf auf dem Bauteilkreislauf Darmstadt-Dieburg zu geben. Bei konkreten Fragen zu behördlichen Themen wie bspw. Denkmalschutz, Baurecht, Planungsrecht und Artenschutz wurde direkt an die zuständige Stelle im Landkreis oder in der Kommune verwiesen.

Die Themen Wiederverwendung und Nachhaltigkeit wurden von den meisten angesprochenen Immobilieneigentümer:innen, die Rück-, Um- und Ausbaumaßnahmen planten, als wichtig empfunden. Die Möglichkeit der Wiederverwendung von Baumaterialien auf dem Bauteilkreislauf Darmstadt-Dieburg wurde allgemein als sinnvoll und begrüßenswert wahrgenommen. Wo die Zeit es zuließ, auf die Werkzeuge und die zusätzlichen Informationsangebote des Bauteilkreislaufs einzugehen, weckten besonders die Vernetzungspinnwand sowie die Schadstofftabelle das Interesse der Bürger:innen.

Gleichzeitig fehlten im komplexen und unter Zeit- und Kostendruck stehenden Bauablauf häufig die zeitlichen und organisatorischen Kapazitäten für den optionalen Mehraufwand, der mit der Inserierung der freiwerdenden Baumaterialien verbunden ist. Ein finanzieller Ausgleich dieses Mehraufwands durch den Verkauf der Materialien wurde von den Immobilieneigentümer:innen nur selten erwartet. Als Ausnahme zu dieser Beobachtung wurde z. B. bei gesundem, großformatigem Altholz mit einem zu erzielenden Gewinn gerechnet.

Der größte Anreiz für die Inserierung von Baumaterialien auf dem Bauteilkreislauf konnte durch die Aufklärung über die positiven ökologischen Effekte der Bauteilwiederverwendung und das Aufzeigen der Option der Wiederverwendung geschaffen werden, da vielen Eigentümer:innen diese Möglichkeit sinnvoll erschien, sie sie aber ohne Hinweis nicht in ihrem unmittelbaren Handlungshorizont sahen.

Es hat sich als zielführend erwiesen, das kurze Zeitfenster der Beratung im Rahmen der Vor-Ort-Termine der DeRe zu nutzen, um die Möglichkeiten der Wiederverwendung exemplarisch und mit Bezug auf die vor Ort vorhandenen und voraussichtlich freiwerdenden Baumaterialien zu illustrieren. Eine im Projekt entwickelte Broschüre mit Praxisbeispielen (Anhang 1), Ausschnitte siehe Abb. 25) zu verschiedenen Baumaterialien half, bei den Vor-Ort-Terminen Anregungen für die Wiederverwendung zu geben. Ein solcher praxisnaher Ansatz erwies sich angesichts der Informationsfülle der inhaltlich im Mittelpunkt stehenden DeRe-Beratung als guter Einstieg, der gleichzeitig die allgemeine Sensibilität für das Thema erhöhte und einen direkten Bezug zu den einzelnen Bauherr:innen und ihren Materialien herstellte. Vor allem das positive Herausstellen des (je nach Baumaterial

monetären, kulturellen, ökologischen oder sozialen) Wertes des Erhalts der eigenen Baumaterialien erzeugte bei den Eigentümer:innen zusätzliches Interesse an der Option der Wiederverwendung. Darüber hinaus konnte -sofern in der Beispielsammlung vorhanden- ein Umsetzungsbeispiel für das exemplarisch ausgewählte Baumaterial gezeigt werden, um den Impuls zu verstärken und die Motivation zur Umsetzung am eigenen Projekt zu erhöhen.

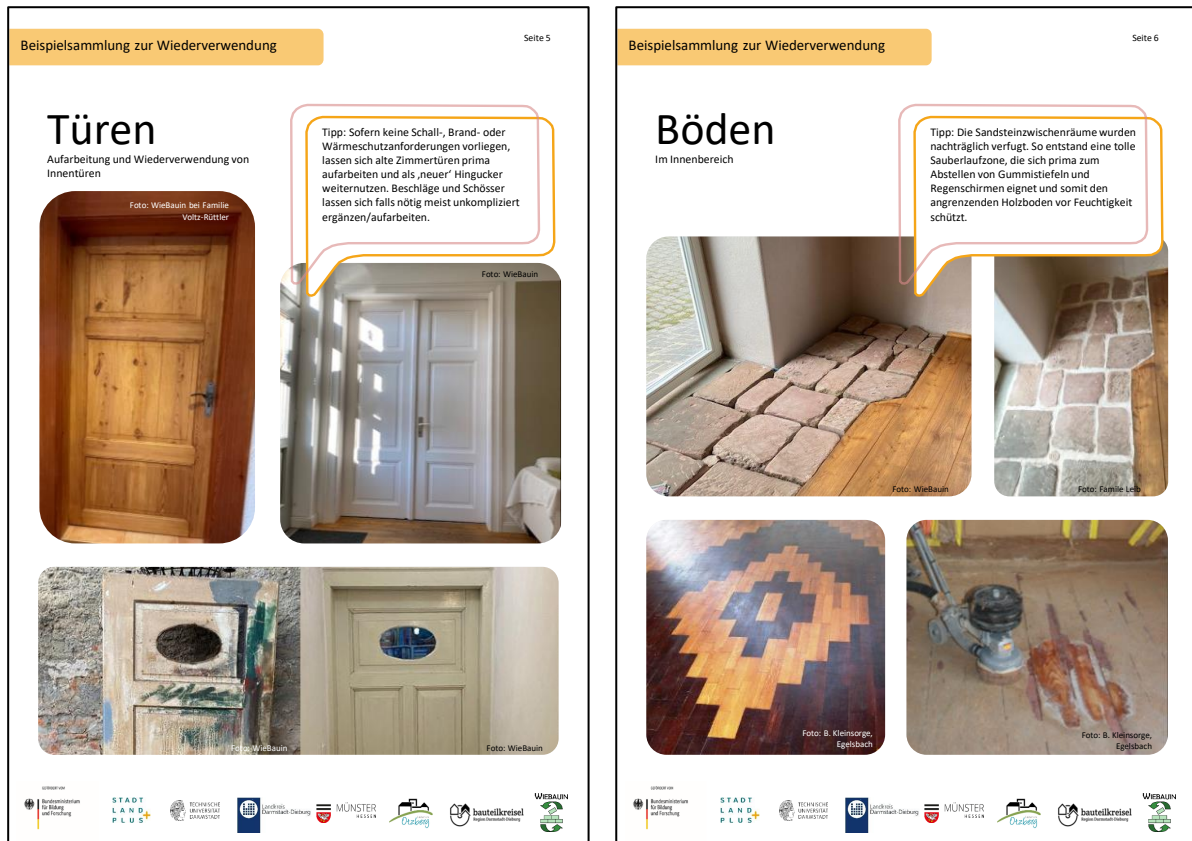


Abb. 25: Seiten aus der Beispielsammlung zur Wiederverwendung (eigene Darstellung)

Bauherr:innen, die gebrauchte Baumaterialien vermarkten wollten, hatten dafür in der Regel keinen primär finanziellen Anreiz, da nicht erwartet wurde, durch den Verkauf der Materialien einen nennenswerten Gewinn zu erzielen. Motivationsgründe waren vielmehr die Schonung von Ressourcen sowie die Bewahrung handwerklicher Traditionen und die Erhaltung bzw. Weitergabe von Baumaterialien, die optisch und bauphysikalisch zur alten Bausubstanz im Ort passten. Zudem bestanden seitens der Eigentümer:innen häufig Zweifel, ob ein Verkauf der eingestellten Baumaterialien in kurzer Zeit abgewickelt werden kann, auch wenn der Bauteilkreislauf als neue Internetplattform stetig weiterentwickelt wurde, um das Angebot bestmöglich an die Bedürfnisse der Bevölkerung anzupassen. Die Eigentümer:innen wurden dennoch ermuntert, alle Baumaterialien, die schadstofffrei sind und ohne Beschädigung ausgebaut werden können, bereits vor Baubeginn auf dem Bauteilkreislauf zu inserieren. Das frühzeitige Inserieren half, den Kauf/Verkauf ohne Lagermöglichkeit abzuwickeln. So konnte Baumaterial im besten Fall bereits im Vorfeld vermarktet und zum Zeitpunkt des Ausbaus direkt abgeholt werden.

Die Gespräche zeigten, dass Bauherr:innen für verschiedene Materialien unterschiedlich gute Vermarktungschancen sahen. Insbesondere Fenster und Außentüren ohne historischen Wert, die im Rahmen einer energetischen Instandsetzung erneuert wurden, wurden kaum zur Wiederverwendung angeboten. Als Grund dafür wurde genannt, dass nicht damit gerechnet werde, Abnehmer:innen für solche nicht mehr in ihrer ursprünglichen Funktion als Element der thermischen Trennung einsetzbaren Baumaterialien zu finden. Diesen Bedenken

---

konnte mit der Inspiration durch Beispiele von alternativen Einsatzmöglichkeiten (bspw. in unbeheizten Nebengebäuden, Bauwagen, Unterständen, Lagerräumen) entgegengewirkt werden, was in manchen Fällen zu einer erfolgreichen Vermarktung führte. Durch die Ausarbeitung der bereits erwähnten Sammlung (Abb. 25) mit detaillierten, bauteilspezifisch sortierten Beispielen konnten Eigentümer:innen auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von gebrauchten Baumaterialien aufmerksam gemacht werden. Besonders bei größeren Stückzahlen von gleichformatigen Fenstern kann also durchaus von deren Marktgängigkeit ausgegangen werden. Hier zeigte sich, dass die Bereitstellung von Inspirationen und Wissen Voraussetzung für eine erfolgreiche Bauteilwiederverwendung ist.

Die vor Ort durchgeführten DeRe-Beratungen erwiesen sich aufgrund der Anzahl der erreichten Personen als gute Möglichkeit, um in ihrem Rahmen einen kurzen Hinweis auf das Thema der Bauteilwiederverwendung zu geben. Für eine zusätzliche, tiefergehende inhaltliche Beratung bezüglich der Wiederverwendung von Baumaterialien waren die Termine jedoch aufgrund der bereits vorhandenen Informationsdichte im Themengebiet der DeRe-Förderung nicht geeignet. Allerdings konnte in ihrem Rahmen auf den Bauteilkreislauf sowie die dort vorhandenen, in WieBauin erarbeiteten Informationen verwiesen werden. Diese standen als Download oder Webanwendung zur Verfügung und gaben den Bürger:innen somit die Möglichkeit, sich nachträglich selbst über die für sie relevanten Aspekte der Wiederverwendung von Baumaterialien zu informieren oder einen gesonderten Beratungstermin mit dem WieBauin-Team zu vereinbaren.

Ergänzend zu den zeitaufwändigen Ortsterminen erwies sich ein interner Austausch zwischen WieBauin und der DeRe als sinnvoll, da so auch nach den oder außerhalb der gemeinsamen Ortstermine private Antragsteller:innen und Verantwortliche für kommunale Fördervorhaben angesprochen werden konnten. Die Ansprache per Telefon oder E-Mail ermöglichte in den meisten Fällen einen ausführlicheren Austausch als der kurze Hinweis zum Projekt bei den Ortsterminen. Die Ansprache während der Vor-Ort-Termine bot wiederum den nicht zu unterschätzenden Vorteil, sich persönlich als Ansprechperson vorstellen zu können. Eine abschließende Empfehlung für die erfolgreichste Vorgehensweise kristallisierte sich daher nicht heraus. Die am besten geeignete Option wurde situativ und individuell ausgewählt. Dabei wurden u. a. Faktoren wie der eigene Zeitaufwand und die Terminalsituation, die Erreichbarkeit der anzusprechenden Personen sowie der Wunsch nach schriftlicher Nachvollziehbarkeit/Reproduzierbarkeit, z. B. bei Projekten mit mehreren Beteiligten, gegeneinander abgewogen.

In einigen Beratungssituationen wurde direkt nach dem Aufzeigen der Wiederverwendungsmöglichkeit nach einer Zwischenlagerungs- und Transportmöglichkeit gefragt, da diese Ressourcen nicht allen Bauherr:innen privat zur Verfügung standen und deren Fehlen die Wiederverwendung größerer Baumaterialien und Baustoffmengen erschwerte.

In den Gesprächen mit Eigentümer:innen zeigte sich, dass durch fehlendes Know-how viele Unsicherheiten bezüglich der Verwendung von gebrauchten Baumaterialien bestehen. Um ein weiteres Element zu schaffen, dem entgegenzuwirken, wurde im Rahmen des Online-Angebotes des Bauteilkreislaufs ein lokales Netzwerk für regionale Akteur:innen aufgebaut, die bei der Umsetzung praktischer Maßnahmen unterstützen können. Dafür wurden Fachkräfte aus den Bereichen Bauberatung, Architektur und Handel sowie private Bauherr:innen mit Erfahrung in der Wiederverwendung im Landkreis angesprochen. Als Ergebnis konnte auf der Website von WieBauin sowie auf dem Bauteilkreislauf eine offene Unterstützer:innen-Pinnwand mit Kontakten für eine professionelle Unterstützung implementiert werden. Hier besteht für Expert:innen und Interessierte aus der Region die Option, ihre Unterstützung anzubieten oder Kontakt zu Kolleg:innen zu finden, um Erfahrungen auszutauschen und sich zu vernetzen.

Der im Vorfeld im Projektteam erarbeitete Beratungsablauf konnte in vielfältiger Weise als Werkzeug für die Vor-Ort-Termine genutzt werden. Es erwies sich als sinnvoll, den Teilnehmenden die erarbeiteten Informations-

---

unterlagen vorab digital zur Verfügung zu stellen, um ihnen einen Überblick über die vorhandenen Informationen zu geben. Aufkommende Fragen konnten per E-Mail an das WieBauin-Team gestellt werden, sodass dieses die Termine individuell gestalten und bestmöglich strukturieren konnte. Die Beobachtung zeigte, dass die vollständige Abarbeitung des umfangreichen Leitfadens nicht für jedes Gespräch geeignet war, da die Fragestellungen und das Vorwissen der zu Beratenden sehr unterschiedlich waren. Bei der Begleitung zu den Beratungsterminen der DeRe wurde der Beratungsablauf von der Projektmitarbeiterin in erster Linie zur Vorbereitung auf die Termine genutzt, da er für ein Gespräch mit dem Fokus auf die Bauteilwiederverwendung konzipiert wurde und somit die einzelnen Ablaufpunkte zeitlich nicht integrierbar waren bzw. sich mit den Inhalten der DeRe-Beratung überschneiden hätten. Da im Rahmen dieser Termine kein Raum für einen vertieften inhaltlichen Einstieg in die bauteilspezifische Beratung war, wurde keine Überarbeitung oder Anpassung des Beratungsleitfadens vorgenommen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Nähe zu den Bürger:innen in den Strukturen der Partnerkommunen und des Landkreises Darmstadt-Dieburg genutzt werden konnte, um Immobilieneigentümer:innen einen Überblick über die bei der Wiederverwendung von Baumaterialien relevanten Themen bzw. einen Hinweis auf die im Projekt verfügbaren Informationen und Angebote zu geben. Die meisten angesprochenen Eigentümer:innen hatten den Wunsch, ihr Bauvorhaben so ressourcenschonend wie möglich umzusetzen. Jedoch hemmten insbesondere die fehlenden Transport- und Lagerstrukturen, fehlendes Know-how, rechtliche Unsicherheiten, eine lange Abwicklungsdauer sowie die begrenzte Verfügbarkeit gebrauchter Materialien die Bürger:innen bei der Umsetzung dieser Zielsetzung. Der erarbeitete Beratungsablauf konnte in erster Linie für die Vorbereitung auf die Gespräche genutzt werden, darüber hinaus wurden besonders die auf dem Bauteilkreislauf bereitgestellten Netzwerke, Informations-Werkzeuge und Umsetzungsbeispiele als Mehrwert empfunden, da Bauherr:innen hier die für sie relevanten Informationen (z. B. auch nach einem Beratungsgespräch) nachschlagen konnten.

#### **4.3.5.3 Verbesserungs- und Verstetigungspotenziale bei den Beratungsangeboten**

Vorrangiges Ziel des Beratungsangebots war es, die Immobilieneigentümer:innen über den Wert ihrer Baumaterialien zu sensibilisieren. So sollten gebrauchte Baumaterialien bei Rück- und Umbaumaßnahmen vor der Entsorgung bewahrt und einer regionalen Wiedernutzung zugeführt werden, um die Produktion neuer Materialien und die damit verbundenen negativen Umweltauswirkungen zu reduzieren. Im Folgenden werden Verbesserungspotenziale bei der Umsetzung dieses Ziels beschrieben. Die gesammelten Informationen dienen in erster Linie der Evaluierung der Umsetzungsphase, sollen aber darüber hinaus auch genutzt werden können, falls nach Projektende eine Verstetigung angestrebt werden sollte.

#### **Verbesserungspotenziale bei der Initiierung**

Je nach Art der Baumaßnahme ist nach § 63 HBO unter Umständen keine Baugenehmigung oder ein sonstiger Kontakt zu einer öffentlichen Stelle erforderlich, was die Möglichkeit der behördlichen Initiierung reduziert. Es mussten also Wege gefunden werden, um Immobilieneigentümer:innen auch ohne Behörden zu erreichen. Hier boten sich vordergründig eine breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit sowie die Einbindung der am Bau beteiligten Fachpersonen an.

Als Hemmnis bei der Initiierung von Beratungsterminen wurde u. a. gesehen, dass die am Bau etablierte Struktur die Wiederverwendung von Baumaterial momentan nicht vorsieht und eine Wiederverwendung somit vom gewohnten Standard abweicht. Somit ist eine Impulsgebung durch das soziale Umfeld der Eigentümer:innen oder die ausführenden Gewerke oder Planer:innen ohne vorherige Sensibilisierung und/oder besonderes persönliches Interesse der einzelnen Personen nicht regelmäßig zu erwarten. Bauherr:innen müssten also in vielen Fällen aus eigenem Antrieb den Kontakt zu Beratungsstellen suchen. Um diese Hürde abzubauen, muss folglich die Bereitschaft der privaten Bauherr:innen zur Kontaktaufnahme mit den Beratenden gestärkt werden. Dies

---

wiedermum setzt die Etablierung eines Bewusstseins für den Wert von Gebrauchtmaterialien voraus, was durch eine intensive und langfristig angelegte Öffentlichkeitsarbeit (siehe Kapitel 4.3.1) unterstützt werden kann. Darüber hinaus kann durch Fortbildungsveranstaltungen (z. B. der Handwerks- und Architektenkammern), öffentliche Veranstaltungen und Vernetzungsmöglichkeiten der Betriebe untereinander eine Sensibilisierung der Handwerker:innen und Planer:innen erreicht werden, um auch bei baugenehmigungsfreien Maßnahmen fachkundige Personen mit Kenntnissen im Bereich der Wiederverwendung als Impulsgebende zu gewinnen. Hierzu wurden die Planer:innen und Handwerker:innen während der Umsetzungsphase des Projekts WieBauin u. a. über die Handwerks- und Architektenkammern angesprochen und zu Veranstaltungen (teilweise sogar mit Anerkennung von Fortbildungspunkten) eingeladen. Ausführliche Beschreibungen der Veranstaltungen finden sich ebenfalls im Kapitel Öffentlichkeitsarbeit (Kapitel 4.3.1).

Es ist davon auszugehen, dass die Hemmschwelle zur Inanspruchnahme einer Beratungsleistung bei einem telefonischen Angebot niedriger ist als bei einem Gespräch vor Ort. Dieser Umstand kann die Initiierung von Beratungsgesprächen erleichtern, da die Beratung auch telefonisch durchführbar wäre, sofern von einem Vor-Ort-Termin kein wesentlicher Mehrwert erwartet wird. Dies könnte auch den zeitlichen Aufwand für das Beratungsangebot reduzieren und so die Bereitschaft der öffentlichen Stellen erhöhen, ein solches Angebot zu etablieren. Dazu müsste die Möglichkeit der telefonischen (Erst-)Beratung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit stark beworben werden. Sollte ein Telefonat für die Bürger:innen noch immer eine zu große Hemmschwelle darstellen, wäre auch die Bewerbung einer Kontaktmöglichkeit über bekannte Messenger-Dienste denkbar, da diese formlos und damit niederschwelliger nutzbar sind als ein Telefonat oder eine E-Mail.

Als Hemmnis für die Verstetigung von Beratungsangeboten auf Landkreis- oder Gemeindeebene wurde das Finden von personellen Kapazitäten im dichten Tagesgeschäft der Bearbeitenden wahrgenommen. Selbst wenn Interesse bestand und das Voranbringen des Wiederverwendungsgedankens als sinnvoll erachtet wurde, waren die möglichen Ansprechpersonen in der Regel bereits so stark mit der Erfüllung ihrer Pflichtaufgaben ausgelastet, dass die Übernahme zusätzlicher Themen meist nicht in Frage kam.

Auch in den Gemeinden Otzberg und Münster (Hessen) wurde das Beratungsangebot trotz kontinuierlicher lokaler Platzierung von Projektinformationen auf den Webseiten, in örtlichen Schaukästen, in sozialen Medien und in Zeitungsartikeln sowie mittels Hinweisen auf die Beratungen und die zuständigen Mitarbeiter:innen der Partnergemeinden auf Flyern nicht sonderlich stark wahrgenommen. Da die zu beratenden Personen vor allem Interesse an praktischen Strukturen zur Umsetzung der Materialwiederverwendung zeigten, wäre für die Etablierung der Beratungen eine lang- bis mittelfristige Erweiterung der Unterstützungsmöglichkeiten zu empfehlen, da diese für Personen ohne eigene Transport- und Lagerinfrastruktur und eigene handwerkliche Fähigkeiten eine Notwendigkeit zur Umsetzung eines Projektes mit gebrauchten Baumaterialien darstellen. Darüber hinaus sollte die bereits erwähnte Beispielsammlung kontinuierlich erweitert werden, da sie in den Gesprächen auf großes Interesse stieß und sich als impulsgebendes Instrument bewährte.

### **Verbesserungspotenziale im Falle einer Verstetigung der Beratungsangebote**

Das Interesse der Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg an der Wiederverwendung von Baumaterialien und dem Bauteilkreislauf war vorhanden und die Wichtigkeit der Thematik wurde erkannt. Dies zeigte sich bei der Vorstellung des Forschungsprojektes in der Bauamtsleiterrunde des Landkreises Darmstadt-Dieburg. Im Nachgang wurde den Kommunen des Landkreises das Handbuch für Beratungen zur Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Baumaterialien zur Verfügung gestellt.

Um bei Nachfragen nach Ende der Projektlaufzeit die richtigen Ansprechpersonen in den Bauämtern der Modellkommunen und im Fachbereich Dorf- und Regionalentwicklung des Landkreises Darmstadt-Dieburg nennen zu können, wurde eine kurze Übersicht über die Kerninhalte sowie über die Kontaktpersonen des Projektes



---

erstellt. Diese wurde mit den Kolleg:innen geteilt, sodass Auskunft über das Forschungsprojekt gegeben werden kann. Der Leitfaden ‚Handbuch für Beratungen zur Stärkung des Angebots‘ wurde den Kommunen im Landkreis Darmstadt-Dieburg zur Verfügung gestellt, jedoch waren, wie bereits erwähnt, in den angesprochenen Bauämtern keine Kapazitäten für die Etablierung einer Beratungsstelle mit einem eigens dafür vorgesehenen Stundenkontingent im Stellenplan vorhanden. Die Anbindung an eine bestehende Stelle war aufgrund des dichten Tagesgeschäftes nicht realisierbar.

Im Fall, dass das Thema der Wiederverwendung dennoch in bestehende Beratungsangebote mit entsprechenden zeitlichen Kapazitäten integriert werden soll, sind aus der Erfahrung der Beratungsgespräche und des Bürger:innendialogs folgende Informationen für die Eigentümer:innen besonders interessant: Informationen zu Materialien, die grundsätzlich wiederverwendet werden können, zu möglichen Risiken durch Schadstoffbelastungen und wie diese erkannt werden können, zu Lager- und Transportmöglichkeiten sowie die Bereitstellung von Netzwerken zu Handwerker:innen und Bauherr:innen mit ähnlichen Projekten. Die Informationen zu Schadstoffen und Materialien sowie die Empfehlung zur Strukturierung des Beratungsangebots konnten im Rahmen des Projektes erarbeitet und festgehalten werden und sind größtenteils auch auf andere Regionen und Umsetzungskonzepte übertragbar; es sollte aber geprüft werden, ob die Aufteilung der Beratungsgespräche in die beiden Gruppen ‚Bauteile abgebende Seite‘ und ‚Bauteile aufnehmende Seite‘ nicht in Richtung eines Baukastensystems aufgeweicht werden könnte, da die beiden Seiten nicht immer klar voneinander zu trennen waren. Der Aufbau von Lager- und Transportstrukturen sowie aktuellen Netzwerken von Unterstützenden erfordert aufgrund des regionalen Bezugs bei einer Verstetigung erneut Arbeitsaufwand. Falls eine Verstetigung stattfindet, sollte außerdem das Beratungspersonal regelmäßig geschult werden, da die Erfahrung aus WieBauin zeigt, dass das Beraten zum komplexen Themenfeld der Bauteilwiederverwendung eine gründliche Einarbeitung erfordert.

Die fehlende Lagermöglichkeit war als großes Hemmnis der Wiederverwendung von Baumaterialien zu sehen, da größere Materialmengen ohne Zwischenlagerung zum Ausbauezeitpunkt direkt von dem/der Käufer:in abgeholt werden mussten. Wenn auch auf der Seite des/der Kaufenden keine Lagermöglichkeit bestand, musste folglich der Einbauezeitpunkt mit dem Ausbauezeitpunkt koordiniert werden, was in Verbindung mit einer langen Abwicklungsdauer bei der Vermarktung gebrauchter Baumaterialien zu Verzögerungen im Bauablauf und somit zu erhöhten Kosten für die Beteiligten führte. Daher wurden in den Beratungen neben der projekteigenen Plattform Bauteilkreisel auch andere, etablierte Vermarktungsmöglichkeiten (z. B. Kleinanzeigen, Schenk-Tausch-Börse des EAD) aufgezeigt. Diese Plattformen hatten neben ihrer höheren Reichweite auch den Vorteil, dass Suchfunktionen integriert waren, die die gezielte Materialsuche vereinfachten. Erfahrungen bei der Vermarktung haben gezeigt, dass der Verkauf auf diese Weise beschleunigt wurde und die Wiederverwendung besser in den Bauablauf integriert werden konnte als bei einer einzigen Vermarktungsplattform. Außerdem wäre im Falle einer Verstetigung zu beachten, dass insbesondere ältere Menschen oft wenig geübt im Umgang mit digitalen Werkzeugen sind und sich mit einem Onlinetool möglicherweise unsicher fühlen könnten. Um dem entgegenzuwirken, sollte das Onlineangebot möglichst einfach aufgebaut sein. Bei Bedarf konnte das WieBauin Team bei der Inserierung unterstützen, was sich als gute Möglichkeit etabliert hat, Menschen an die digitalen Projektwerkzeuge heranzuführen. Aufgrund dieser Erfahrung wird dieser Aspekt der persönlichen Beratung auch bei einer möglichen Verstetigung für wichtig gehalten.

Die aufgrund der Konkurrenz zu Neumaterialien - oft mit geringerem Organisations- und moderatem Kostenaufwand beschaffbar und nicht aufzuarbeiten - begrenzte Nachfrage nach gebrauchten Baumaterialien wurde als weiteres Hemmnis identifiziert. Hier wird von den Projektbeteiligten ein Verbesserungspotenzial in der Etablierung von gut erreichbaren Materiallagern, Gebrauchtbaumärkten mit Versandmöglichkeit sowie günstigen Fahrzeug- und Werkzeugverleihen gesehen, da dies den Aufwand und die Kosten bei der Abgabe, Beschaffung

---

und Aufarbeitung von Gebrauchtmaterialien reduzieren würde. Die Einrichtung eines solchen Materiallagers war im Projektrahmen selbst u. a. aufgrund der begrenzten Laufzeit nicht möglich.

Da andere Landkreise bereits Interesse am Projekt zeigten und teilweise auf Impuls durch WieBauin eigene Austauschrunden zum Thema initiierten, kann davon ausgegangen werden, dass die Verschwendung von gebrauchten Baumaterialien eine überregionale Herausforderung darstellt. Die im Projekt erarbeiteten Materialien wurden so konzipiert, dass sie auch auf andere Regionen übertragbar sind. Allerdings stellte sich die dortige Personalsituation ähnlich angespannt wie in den Kommunen des Landkreises Darmstadt-Dieburg dar, was zu den gleichen Herausforderungen hinsichtlich der verbindlichen Einbindung führen würde. Um dem entgegenzuwirken, wäre z. B. die Schaffung von Stundenkontingenten oder Personalstellen auf Landkreisebene für die langfristige Umsetzung von Beratungs- und Unterstützungsangeboten sinnvoll. Durch die überregionale Etablierung von Lagermöglichkeiten und Beratungsangeboten könnten Synergien geschaffen und die Kosten für die einzelnen Landkreise/Kommunen gesenkt werden. Der dafür notwendige, regelmäßige Austausch zwischen den beteiligten Landkreisen könnte aus Zeit- und Kostengründen auch digital durchgeführt werden.

#### **4.3.5.4 Fazit zur Umsetzung der Beratungsangebote**

Die Personen, die im Rahmen des Angebots vom WieBauin Team bezüglich der Wiederverwendung von Baumaterialien beraten wurden, hatten ein großes Interesse am Umwelt- und Ressourcenschutz. Dieses Interesse motivierte sie auch, Unsicherheiten und Mehraufwand in Kauf zu nehmen. Eine gesellschaftliche Mehrheit wird nach Einschätzung der Beratenden aber erst dann erreicht werden können, wenn die Strukturen für die Wiederverwendung von Baumaterialien ähnlich etabliert sind wie die konkurrierenden Vertriebsstrukturen für neue Materialien. Solange die Wiederverwendung von Baumaterialien ein optionales Vorgehen bleibt, das für die Eigentümer:innen mit mehr Aufwand und oft auch mit höheren Kosten und mehr rechtlichen Unsicherheiten verbunden ist als der Einsatz neuer Materialien, ist eine stärkere Nachfrage nach Beratungsangeboten nicht absehbar.

Die Impulsgebung und Aufklärung bei den Beratungen und bei Veranstaltungen wird von den Beteiligten dennoch als sinnvolle Maßnahme angesehen, da eine informierte und aktivierte Öffentlichkeit möglicherweise den notwendigen politischen Willen zur Überwindung der genannten Hemmnisse initiieren kann.

Zusammenfassend lassen sich folgende Punkte aus den Erfahrungen der Beratungen und der Bürgerkontakte hervorheben:

#### **Positive Erfahrungen**

- Die Relevanz und die Notwendigkeit der Wiederverwendung von Baumaterialien wird bei den Bürger:innen und Mitarbeitenden der kommunalen Verwaltungen – sowohl im untersuchten Landkreis Darmstadt-Dieburg als auch in diversen weitergehenden Landkreisen – erkannt;
- es bestand Interesse an den Beratungsdokumenten, da diese auf andere Landkreise und Regionen übertragbar sind;
- durch Impulsgebung der kommunalen Partner konnte der Wiederverwendungsgedanke in den Kommunen Münster und Otzberg in gemeindeeigenen Bauprojekten umgesetzt werden;
- das Bewusstsein über die Möglichkeit der Wiederverwendung von Baumaterialien auf Landkreisebene konnte durch die Angliederung der Projektstelle gesteigert werden.

#### **Hemmnisse**

- Mehraufwand durch Inserierung;
- fehlender finanzieller Ausgleich für Mehraufwand;

- zum Teil noch fehlendes Verständnis in der Bevölkerung für das Thema;
- die Plattform befindet sich noch im Aufbau, daher ist der Bekanntheitsgrad vergleichsweise gering, wodurch die Benutzer:innen unsicher sind, ob die Baumaterialien und Baumaterialien in kurzer Zeit über diesen Weg verkauft werden können bzw. überhaupt einen Abnehmer finden;
- öffentliche Stellen haben über die Wahrnehmung der Pflichtaufgaben hinaus kaum personelle Kapazitäten für die Umsetzung von optionalen, zusätzlichen Beratungsleistungen;
- fehlende oder teure Transport- und Lagermöglichkeiten für gebrauchte Baumaterialien verzögern den Bauablauf und verursachen so hohe Kosten, dass oft ein finanzieller Nachteil gegenüber der Nutzung von Neumaterialien entsteht;
- rechtliche Unsicherheit durch fehlende Gewährleistung bei gebrauchten Baumaterialien;
- gebrauchte Materialien müssen zum Teil aufwendig aufgearbeitet werden, das setzt zeitliche/finanzielle Kapazitäten, handwerkliches Geschick und das Vorhandensein der entsprechenden Werkzeuge und Maschinen voraus;
- begrenzte Anzahl und Verfügbarkeit der gebrauchten Baumaterialien;
- oft sind ältere Menschen ungeübt im Umgang mit digitalen Strukturen und fühlen sich mit einem Onlinetool unsicher.

### **Verbesserungspotenziale**

- Alternative Strukturierung des Beratungsangebots je nach Wissensstand der zu Beratenden, z. B. durch Module/Baukastensystem;
- Austausch und Vernetzung mit anderen Landkreisen wäre für eine Verstetigung auch in digitaler Form sinnvoll;
- Lager- und Transportmöglichkeiten würden die Umsetzung deutlich vereinfachen, deshalb empfiehlt sich die Schaffung eines Materiallagers und eines kostengünstigen Fahrzeugverleihs;
- regelmäßiges Angebot für Kommunen, die verantwortlichen Mitarbeitenden zu schulen;
- Hinweis auf andere Vermarktungsplattformen;
- Ausbau der Liste mit Sachkundigen der Wiederverwendung (Personen mit Erfahrungen, Architekt:innen, Handwerker:innen etc.);
- Bereitstellung von Werkzeug und Maschinen (z. B. Makerspace);
- die Erweiterung der Plattform mit einer Suchfunktion und der Möglichkeit, ein Gesuch zu inserieren, könnte die Wiederverwendung von Baumaterialien für Planer:innen und Handwerker:innen vereinfachen.

### **4.3.6 Übertragbarkeit auf andere Regionen in Deutschland**

Die Übertragbarkeit auf andere Regionen in Deutschland kann als gegeben angesehen werden. Da das Konzept der Beratungsangebote so entwickelt wurde, dass Interessierte aus anderen Regionen Deutschlands dieses problemlos und ohne großen Aufwand übernehmen können. Hierbei helfen vor allem die detaillierten Handlungsempfehlungen und Leitfäden, die im Rahmen von WieBauin entwickelt wurden, sowie die gesammelten Erfahrungen hinsichtlich der Führung solcher Beratungsgespräche und einer zielgruppengerechten Ansprache (siehe Kapitel 4.3.2).

Eine ganzheitliche Betrachtung der Übertragbarkeit legt nahe, die Beratungsgespräche sinnvoll in ein etabliertes Geschäftsmodell (siehe Kapitel 4.4.6) nahe. Hierfür bietet sich das im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelte Geschäftsmodell an.

---

In der Umsetzungs- und Verstetigungsphase wurden bereits mehrere Gespräche mit interessierten Landkreisen in Hessen geführt. Diese zeigten neben der generellen Einführung eines Geschäftsmodells auch an den weiterführenden Beratungsangeboten Interesse. Dies spricht dafür, dass die Notwendigkeit der Wiederverwendung von Baumaterialien auch von anderen Landkreisen erkannt wird und diese nach Ideen suchen, wie diese Thematik zukünftig abgedeckt werden kann.

#### **4.4 Leitfaden und Tragfähigkeitskalkulator zur Umsetzung des Geschäftsmodells der Bauteilwiederverwendung**

Im Rahmen des Forschungsprojektes WieBauin wurde eine Methodik zur Entwicklung eines Geschäftsmodells zur Vermarktung wiederverwendbarer Bauteile im Landkreis Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt entwickelt. Die praktische Umsetzung des Geschäftsmodells dient gleichzeitig der Erprobung der entwickelten Methodik zur Ableitung von Geschäftsmodellen zur Vermarktung wiederverwendbarer Bauteile und lässt sich in mehrere methodische Schritte unterteilen, die im ersten Abschnitt des Kapitels 4.3.6 beschrieben werden. Diese umfassen:

- 4.4.1 die Definition des Begriffs Geschäftsmodell und bestehende Geschäftsmodelle
- 4.4.2 die Ermittlung der Randbedingungen im Rahmen des Forschungsprojektes, u. a.
  - Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ermittlung zukünftiger Gebäudeabbruchquoten und der zukünftigen Entwicklung des Bausektors
  - Entwicklung und Erprobung einer Vorgehensweise zur Abschätzung des Flächenbedarfs sowie der möglichen Reduzierung für die Gewinnung von Baumaterialien
  - Entwicklung und Erprobung einer Vorgehensweise zur Abschätzung des Flächenbedarfs sowie der möglichen Reduzierung für die Deponierung von Baumaterialien
- 4.4.3 die Ableitung der Grundbausteine zur Wahl eines Geschäftsmodells
- 4.4.4 die Entwicklung von Geschäftsmodellalternativen
- 4.4.5 die Bewertung der Geschäftsmodellalternativen
- 4.4.6 die Evaluation des Erfolgs der Umsetzung des Geschäftsmodells

Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten der beschriebenen Bestandteile der Geschäftsmodellentwicklung können Abb. 26 entnommen werden. Die einzelnen Bestandteile dienen außerdem der Strukturierung des folgenden ersten Abschnitts bestehend aus den Unterkapiteln 4.4.1 bis 4.4.6. Basierend auf Projektergebnissen, wie bspw. den Ausarbeitungen zur Geschäftsmodellentwicklung und der Gebäudeerfassung wurde zusätzlich ein Materialertragsrechner erarbeitet der als kombiniertes Tool den Tragfähigkeitskalkulator sowie das Weiterbildungstool vereint und der zur Beurteilung der Umsetzbarkeit des Geschäftsmodells in anderen Regionen verwendet werden kann. Die detaillierte Beschreibung der Entwicklung und Funktionalität dieses Tools ist in Kapitel 4.6.2 zu finden.

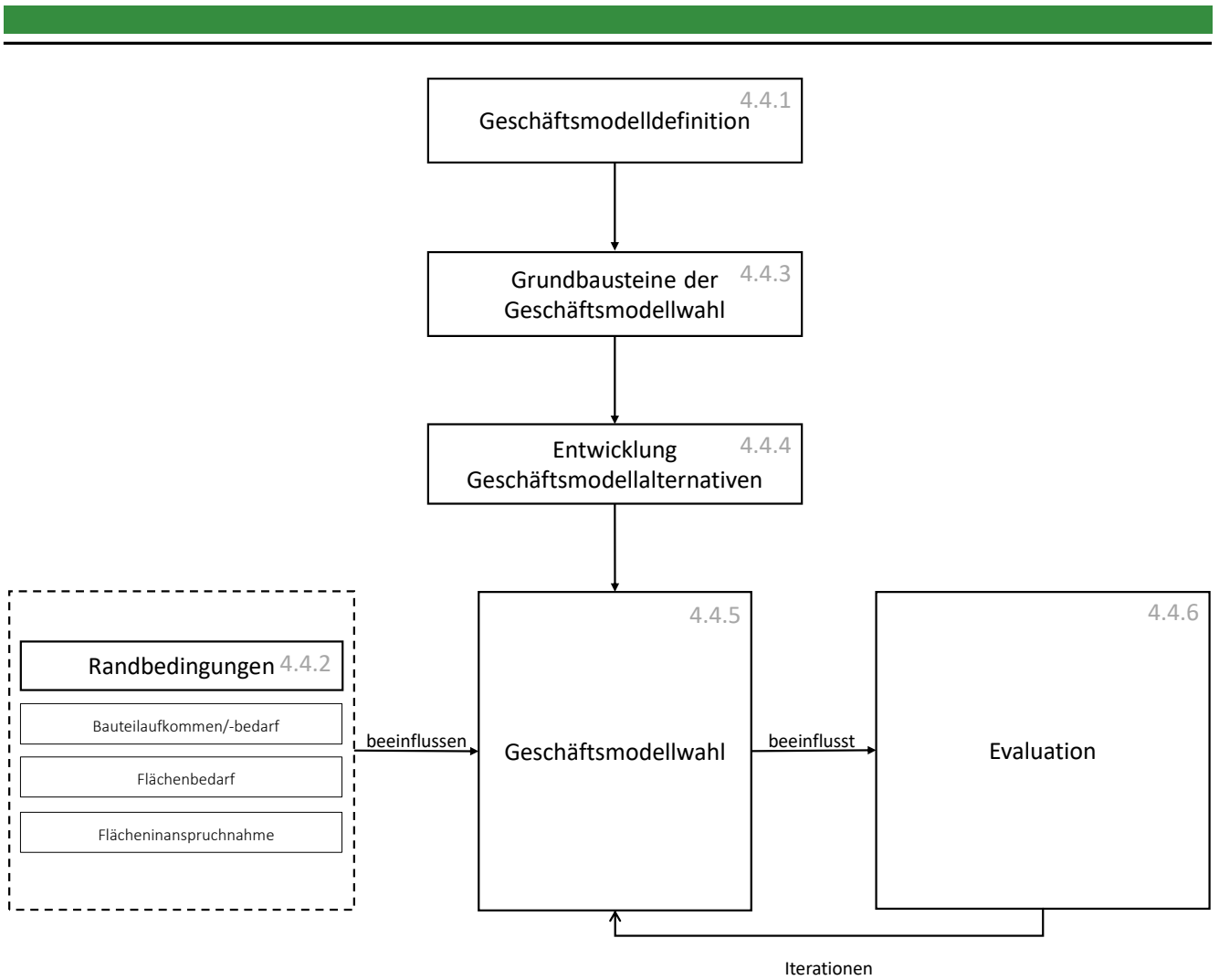


Abb. 26: Rahmen Geschäftsmodellentwicklung (eigene Darstellung)

#### 4.4.1 Definition des Begriffs Geschäftsmodell und bestehende Geschäftsmodelle

Der Begriff des Geschäftsmodells ist sowohl im alltäglichen Sprachgebrauch üblich als auch in der wissenschaftlichen Literatur weit verbreitet<sup>1</sup>. Die Forschungsfelder sind dabei heterogen und umfassen bspw. Themen zur Rolle des Geschäftsmodells bei der Wertschöpfung von Technologien in der Frühphase (Chesbrough und Rosenbloom 2002), zur Gestaltung von Geschäftsmodellen und deren Einfluss auf die Leistung von Unternehmen (Zott und Amit 2007) aber auch zur Klärung der Bedeutung und Verwendung des Geschäftsmodellbegriffs (DaSilva und Trkman 2014) und zur Entwicklung von Vorgehensweisen zur Ableitung neuer Geschäftsmodelle (Osterwalder und Pigneur 2010). Regelmäßig werden außerdem bestehende Modelle mittels Praxisbeispielen wie den Geschäftsmodellen von Burberry (Christopher M. und Rosenbloom 2004), Apple (Johnson et al. 2008) oder Ryanair (Casadesus-Masanell und Ricart 2010) analysiert. Für einen umfassenden Überblick über die bestehende Forschung und die unterschiedlichen Schwerpunkte empfiehlt sich der Beitrag von Budler et al. (2021) zur Entwicklung der Forschung zu Geschäftsmodellen. Neben dem allgemeinen Überblick zeigt sich außerdem die Vielfalt an unterschiedlichen definitorischen Ansätzen (Budler et al. 2021). Trotz dieser definitorischen Vielfalt werden selten prägnante und gleichzeitig verallgemeinerbare Definitionen explizit angegeben (Chesbrough und Rosenbloom 2002; Timmers 1998) und es wird eher mit definitorischen Beschreibungen gearbeitet. Diese umfas-

<sup>1</sup> Eine Google-Scholar Suchanfrage mit dem Begriff ‚Business Model‘ ergibt am 19.10.2022 rund 220.000 Treffer.

---

sen bspw. die Annahme von Zott und Amit (2007), dass das Geschäftsmodell ein System der voneinander abhängigen Tätigkeiten, die von dem Unternehmen und seinen Partnern ausgeführt werden, sowie die Mechanismen, die diese Tätigkeiten miteinander verbinden, beschreibt oder die Beschreibung, dass ein Geschäftsmodell aus den vier ineinander greifenden Elementen, Kundennutzenversprechen, Gewinnformel, Schlüsselressourcen und Schlüsselprozesse die, zusammengenommen Wert schaffen und liefern besteht (Johnson et al. 2008).

Bei der Entwicklung des Geschäftsmodells wurde die Vorgehensweise von Osterwalder und Pigneur (2010) zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle adaptiert, da ihre Arbeit einerseits, im Gegensatz zu vielen ausschließlich theoretischen Analysen, eine praxisbezogene Anwendung ermöglicht und andererseits, gemessen an Zitaten, eine breite Anerkennung in der wissenschaftlichen Literatur aufweist. Der von Ihnen eingeführte Business Model Canvas wird in Abschnitt 4.4.2 erläutert und angewendet. Konsistent mit der Anwendung des Business Model Canvas wird auf die Definition des gleichen Beitrags zurückgegriffen, die ein Geschäftsmodell definiert als das Grundprinzip dafür, wie ein Unternehmen Werte schafft, liefert und erfasst (Osterwalder und Pigneur 2010). Diese eignet sich insbesondere für die Definition von Geschäftsmodellen in dem gegebenen Zusammenhang, da sie allgemein genug gehalten ist, auch Fälle wie den vorliegenden, ohne Gewinnerzielungsabsicht, zu erfassen.

Da Geschäftsmodelle zur Wiederverwendung von Baumaterialien zum aktuellen Zeitpunkt zwar noch nicht weit verbreitet aber dennoch grundsätzlich vorhanden sind folgt eine Erläuterung der wichtigsten Beispiele, die als Ausgangspunkt für die Entwicklung des zu entwerfenden Modells dienen können. Diese Analyse beschränkt sich regional auf den deutschen Markt, da sich die gesetzlichen Grundlagen zur Verwendung und Wiederverwendung von Baumaterialien international unterscheiden können. Weiterführende Forschung könnte diese Fragestellung im internationalen Kontext aufgreifen. Geschäftsmodelle für die Vermarktung gebrauchter Bauteile basieren bisher auf unterschiedlichen Vermarktungswegen, teilweise ergänzt durch ein Beratungsangebot, sowie Unterstützung bei Ausbau, Aufbereitung und Wiedereinbau der Bauteile. Grundsätzlich kann zwischen physischen und digitalen Marktplätzen unterschieden werden.

Den physischen Marktplätzen können regionale Bauteilbörsen zugerechnet werden. Diese beschaffen gebrauchte Bauteile entweder aktiv selbstständig oder passiv, in dem sie die Möglichkeit der Abgabe in deren Lagern vor Ort ermöglichen. Anschließend werden die gebrauchten Bauteile, ggf. nach vorheriger Aufarbeitung, über die Bauteilbörsen als Onlineangebot in Form von Bauteilkatalogen mit entsprechender Suchfunktion vermarktet. Alternativ oder ergänzend erfolgt der Vertrieb direkt in Lagern vor Ort. Das Verkaufsangebot kann durch ein Beratungsangebot ergänzt werden. Die Bauteilbörsen fungieren als Ansprechpartner für die Themen Beschaffung, Aufbereitung und Wiedereinbau. Darüber hinaus bieten sie Unterstützung für den Ausbau der Bauteile an. Das bauteilnetz Deutschland unterstützt seine Partner, die regionalen Bauteilbörsen, mittels Aufnahme eingestellter Bauteile in einen bundesweiten Online-Bauteilkatalog, beratend hinsichtlich des Lageraufbaus und der Organisation, der Markterschließung, sowie bei der Öffentlichkeitsarbeit. Die Öffentlichkeitsarbeit dient insbesondere Informations- und Werbezwecken.

Unterschiede sind auch hinsichtlich der Zielgruppen bei den Vermarktungsplattformen erkennbar. Bauteilbörsen erreichen neben Privatpersonen und Handwerksbetrieben auch Architekt:innen, Ingenieure:innen, Behörden und Kommunen, wohingegen der Fokus von reinen Online-Marktplätzen (z. B. ebay, restado) bisher auf der direkten Vermittlung von Bauteilen zwischen den Interessenten basiert.

Neben den klassischen Bauteilbörsen existieren außerdem Secondhand-Baumärkte, wie bspw. das ‚Materialbuffet‘ in Leipzig. Diese ähneln in ihrer Funktionsweise den Bauteilbörsen. Das Geschäftsmodell der dänischen Lendager Group beruht nicht auf der unmittelbaren Vermarktung von gebrauchten Bauteilen, sondern direkt auf deren konsequenter Wiederverwendung in konkreten Bauprojekten, wie dem Projekt ‚Karstadt Re-Parked‘ in Berlin. Tab. 7 gibt einen Überblick über ausgewählte umgesetzte Geschäftsmodelle in Form von beschreibenden exemplarischen Beispielen.

Tab. 7: Übersicht Geschäftsmodelle Bauteilwiederverwendung (eigene Darstellung)

Plattform	Physisch	Digital	Beratungsangebot	Handwerkliche Unterstützung
Bauteilnetz Deutschland	Partner teilweise	ja	für Partner/Regionale Bauteilbörsen, Behörden/Kommunen	nein
Bauteilbörse Hannover	ja	ja	k. A.	k. A.
Bauteilbörse Bremen	ja	ja	ja	ja
Bauteilbörse Berlin-Brandenburg	ja	ja	k. A.	k. A.
Bauteilbörse Herzogenrath	ja	nein	k. A.	nein
restado	nein	ja	nein	nein
ebay	nein	ja	nein	nein
Secondhand-Baumärkte	ja	nein	k. A.	k. A.

Für viele der vorgestellten Modelle wird eine finanzielle Unterstützung durch bspw. öffentliche Förderung benötigt, da die Erträge aus dem Bauteilverkauf die Kosten für Erwerb der Bauteile und Betrieb der Infrastruktur nicht decken können.

#### 4.4.2 Ermittlung der Randbedingungen im Rahmen des Forschungsprojektes

Um das entwickelte Geschäftsmodell dauerhaft implementieren zu können, ist eine Abschätzung des zukünftig in einer Region zu erwartenden Aufkommens wiederverwendbarer Baumaterialien sinnvoll. Das mengenmäßige Aufkommen und die mengenmäßige Aufnahme wiederverwendbarer Bauteile und anderen Baumaterialien hängt maßgeblich von der Intensität der Neubau- und Rückbautätigkeit ab. Im Forschungsprojekt wurde ein methodisches Vorgehen entwickelt und erprobt, mit dem im Vorfeld der Einführung eines regionalen Marktplatzes zur Wiederverwendung von Baumaterialien das mengenmäßige Aufkommen und die mengenmäßige Aufnahme solcher Baumaterialien überschlägig abgeschätzt werden kann. Die entwickelte Methodik greift hierzu vor allem auf Daten zurück, die üblicherweise für eine Region verfügbar sind. Die Anwendung der Methodik wird beispielhaft anhand der Daten des Landkreises Darmstadt-Dieburg und dort bezogen auf Wohngebäude erläutert.

##### 4.4.2.1 Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ermittlung zukünftiger Gebäudeabbruchquoten und der zukünftigen Entwicklung des Bausektors

###### Methodischer Ansatz

Der gewählte methodische Ansatz basiert auf der Annahme, dass sich aus den vorhandenen Daten zu Wohngebäuden, einschließlich der Entwicklung von Rückbau und Neubau in den letzten Jahren, Szenarien für die zukünftige Entwicklung von Rückbau- und Neubauaktivitäten einer Region ableiten lassen.

Zur Abschätzung der zukünftigen Rückbauaktivitäten ist zu berücksichtigen, dass sich der Rückbau von Gebäuden verstärkt in bestimmten Baualtersklassen vollzieht. Entsprechend der in diesen Baualtersklassen von Wohngebäuden üblicherweise verwendeten Baumaterialien wird ein zukünftiges mengenmäßiges Aufkommen in der

---

Region abgeleitet. Die in bestimmten Baualtersklassen von Wohngebäuden üblicherweise verwendeten Baumaterialien werden hierzu den weiteren Forschungsergebnissen dieses Projektes (siehe Anhang 4 und 11) entnommen.

Diesem Angebot wird die Abschätzung der zukünftigen Neubauaktivitäten bei Wohngebäuden in der Region gegenübergestellt. Zur Abschätzung der zukünftigen Neubauaktivitäten werden die Neubauaktivitäten der letzten Jahre herangezogen und daraus mögliche Szenarien abgeleitet.

Zur Entwicklung der Szenarien zur Abschätzung des mengenmäßigen Aufkommens und der mengenmäßigen Aufnahme wiederverwendbarer Baumaterialien in einer Region werden die folgenden Schritte vorgeschlagen:

- Schritt 1: Analyse der Siedlungsstruktur und der Entwicklung der einzelnen Gemeinden hinsichtlich Bevölkerungs- und Gebäudeanzahl einer Region
- Schritt 2: Prognose der zukünftigen Neubautätigkeit in der Region
- Schritt 3: Prognose des Aufkommens an wiederverwendbaren Baumaterialien

### **Schritt 1: Analyse der Siedlungsstruktur und der Entwicklung der einzelnen Gemeinden hinsichtlich Bevölkerungs- und Gebäudeanzahl einer Region**

#### **Analyse der allgemeinen Entwicklung der Gemeinden einer Region**

Um das mengenmäßige Aufkommen und die mengenmäßige Aufnahme wiederverwendbarer Bauteile und anderen Baumaterialien abschätzen zu können, bedarf es keiner gemeindeindividuellen Betrachtung, sondern vielmehr einer durchschnittlichen Erfassung der gesamten Region. Bei einer gemeindeindividuellen Betrachtung würden eher zufällig zu einem Zeitpunkt stattfindende einzelne Bauprojekte, z. B. einem Neubaugebiet oder einer Bestandsentwicklung, das Ergebnis zu sehr beeinflussen. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass der Handel mit wiederverwendbaren Bauteilen und anderen Baumaterialien nicht gemeindeintern stattfindet, sondern regional verankert ist und demnach das Angebot sowie die Nachfrage mindestens auf Kreisebene aggregiert betrachtet werden sollten.

Notwendig ist aber mittel- und langfristig unterschiedliche Veränderungen von Gemeinden einer Region zu identifizieren und in die Abschätzung aufzunehmen, da diese die Gesamtentwicklung maßgeblich beeinflussen können. Solche unterschiedlichen Veränderungen könnten bspw. durch eine eher periphere oder eine sehr zentrale Lage von Gemeinde in einer Region entstehen, und sich die Bauaktivitäten in diesen Gemeinden erheblich von den übrigen Gemeinden unterscheiden. Zusammenfassend gilt es daher die einzelnen Gemeinden eines Kreises hinsichtlich ihrer Entwicklung zu analysieren um daraus aggregierte Aussagen zur Entwicklung des Angebots sowie der Nachfrage auf Kreisebene treffen zu können.

#### **Siedlungsstruktur der Region**

Die Analyse der Verteilung von Siedlungen in einer Region liefert die Grundlage, um teilträumlich unterschiedliche regionale Entwicklungen und damit unterschiedliche Aufkommen und Aufnahme von wiederverwendbaren Bauteilen und anderen Baumaterialien identifizieren zu können. Teilgebiete einer Region, die gegenüber anderen Teilgebieten einer Region sehr unterschiedliche Ausprägungen bei den Standortfaktoren haben (z. B. Anbindung an den ÖPNV oder Versorgung mit Produkten des täglichen Bedarfs) können unterschiedliche bauliche Entwicklungen und damit ein unterschiedliches Aufkommen und eine unterschiedliche Aufnahme von wiederverwendbaren Bauteilen und anderen Baumaterialien aufweisen.

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Der Landkreis Darmstadt-Dieburg wird von 23 Kommunen, d. h. neun Städten (in der Karte blau) und 14 Gemeinden (in der Karte grün) mit insgesamt 93 Ortsteilen gebildet (Abb. 27). Dabei weisen viele Gemeinden mit einer eher geringen Einwohnerzahl eine Vielzahl von teilweise sehr kleinen Ortsteilen auf (z. B. Fischbachtal (6 Ortsteile), Modautal (12 Ortsteile), Mühlthal (7 Ortsteile), Otzberg (7 Ortsteile)).



Die fünf Städte Dieburg, Griesheim, Groß-Umstadt, Pfungstadt und Weiterstadt werden landesplanerisch als Mittelzentren eingestuft.

Die Städte Griesheim, Ober-Ramstadt, Pfungstadt und Weiterstadt sowie die Gemeinden Erzhausen, Groß-Zimmern, Messel, Mühlthal, Roßdorf und Seeheim-Jugenheim grenzen unmittelbar an die vom Kreisgebiet annähernd umschlossene Stadt Darmstadt.

Die Städte und Gemeinden im Kreisgebiet sind über Bundesstraßen (A 5, A 67, B 26, B 38, B 45, B 426) und Bahnlinien (Wiesbaden-Aschaffenburg, Frankfurt-Heidelberg, Pfungstadt-Darmstadt-Wiebelsbach/Heubach, Hanau-Wiebelsbach/Heubach) verbunden. Lediglich die Gemeinden Fischbachtal, Modautal und Schaafheim liegen etwas abseits von diesen Verkehrsinfrastrukturen.

Die beiden Siedlungsschwerpunkte im Westen (Mittelzentren Griesheim, Pfungstadt und Weiterstadt) und im Osten (Mittelzentren Dieburg und Groß-Umstadt) des Landkreises sichern ein räumlich gleichmäßiges Versorgungsangebot für den gesamten Landkreis.



Abb. 27: Städte (blaue Farbe) und Gemeinden (grüne Farbe) des Landkreises Darmstadt-Dieburg (LaDaDi 2021)

### Einwohnerzahl

Die Gemeinden einer Region werden nach diesem Ansatz zunächst hinsichtlich ihrer Einwohnerzahl bezogen auf einen Stichtag verglichen, um unterschiedliche Entwicklungen in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl einer Gemeinde identifizieren zu können.

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Die einzelnen Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg weisen zum Stichtag 31.12.2019 Einwohnerzahlen zwischen 2.500 und 27.000 Einwohnern auf (siehe Abb. 28). Damit gehören alle Gemeinden des Landkreises zu den Landgemeinden bis zu den kleineren Mittelstädten (BBSR 2020b). In Tab. 8 sind die Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg zu ihrem jeweiligen Stadt- und Gemeindetyp zugeordnet.

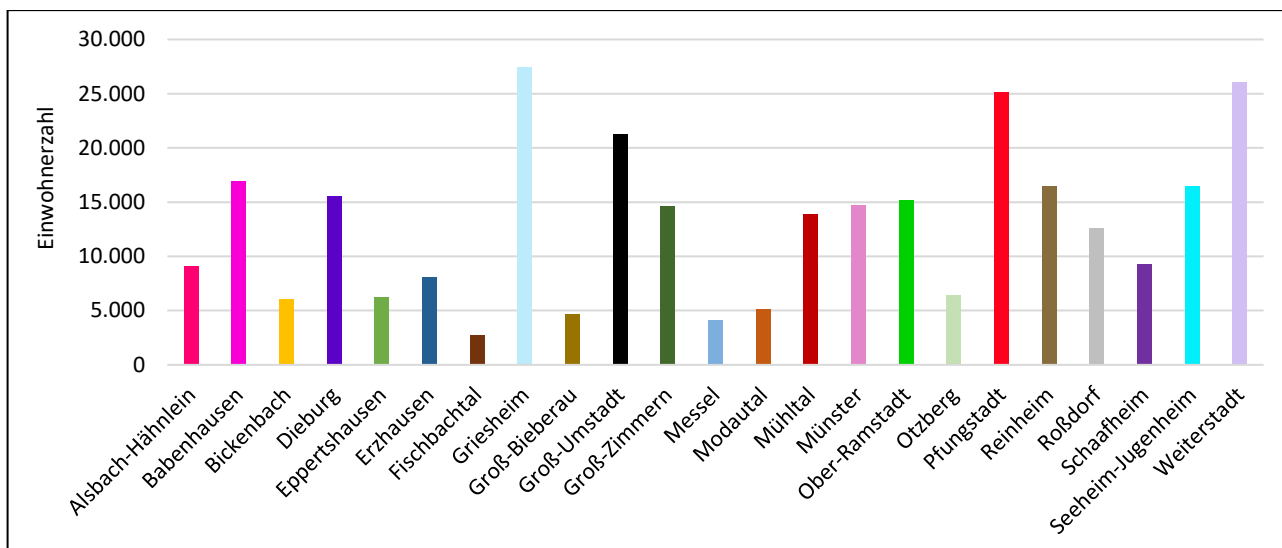


Abb. 28: Einwohnerzahlen der Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg am 31.12.2019 (HSL o. J.)

Tab. 8: Stadt- und Gemeindetypen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (eigene Darstellung basierend auf Daten des (BBSR 2020b)

Stadt und Gemeindetyp	Zugehörige Kommunen im Landkreis Darmstadt-Dieburg
Landgemeinde (weniger als 5.000 Einwohner und keine grundzentrale Funktion)	Fischbachtal, Groß-Bieberau, Messel
Kleine Kleinstadt (5.000 bis 10.000 Einwohner oder mindestens grundzentrale Funktion)	Alsbach-Hähnlein, Bickenbach, Eppertshäuser, Erzhäuser, Modautal, Otzberg, Schaaheim
Größere Kleinstadt (10.000 bis 20.000 Einwohner)	Babenhäuser, Dieburg, Groß-Zimmern, Mühlthal, Münster, Ober-Ramstadt, Reinheim, Roßdorf, Seeheim-Jugenheim
Mittelstadt (20.000 bis 100.000 Einwohner)	Griesheim, Groß-Umstadt, Pfungstadt, Weiterstadt

### Entwicklung der Einwohnerzahl

Als Indikator zum Vergleich allgemeiner Veränderungen von Gemeinden wird die Entwicklung der Einwohnerzahl in den letzten Jahren herangezogen. Die Entwicklung der Bevölkerungszahlen zeigt auf, ob die Gemeinde einen Einwohnerzug oder -wegzug aufweist.

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Mit der Veröffentlichung der Ergebnisse des Zensus 2011 wurde die Fortschreibung der amtlichen Gemeindestatistik auf eine neue Grundlage gestellt. Die Bevölkerungszahlen des Zensus 2011 und der veröffentlichten Daten der Statistik des Hessischen Landesamtes für das Jahr 2011 weisen für den Landkreis Darmstadt-Dieburg insgesamt eine Differenz von -7.431 Einwohnenden auf, im Einzelnen sind das bspw. Differenzen von -1.000 Einwohnende in Weiterstadt oder +87 Einwohnende in Schaaheim. Somit würden bei der Betrachtung einer Zeitreihe mit Daten vor der Zensushebung z. T. erhebliche und insbesondere

unterschiedlich ausgeprägte Sprünge verzeichnet, die tatsächliche Einwohnerentwicklung jedoch nicht zweckmäßig abgebildet und ein Vergleich der Gemeinden erheblich verzerrt werden. Aus diesem Grund werden für die Betrachtung der Entwicklung der Einwohnerzahlen in den letzten Jahren die Zensusdaten für 2011 sowie die nach der Zensuserhebung bereinigten Daten ab 2012 bis 2019 herangezogen.

Die Entwicklung der Einwohnerzahlen der Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg im Zeitraum zwischen 2011 und 2019 zeigt zwischen den Gemeinden Unterschiede auf (siehe Abb. 29). Die Mittelzentren Weiterstadt und Griesheim weisen erhebliche absolute Einwohnerzahlzuwächse in diesem Zeitraum auf (mehr als 1.800 Personen). Die Gemeinden Babenhausen, Bickenbach, Groß-Zimmern, Messel sowie Weiterstadt weisen erhebliche relative Einwohnerzahlzuwächse auf (mehr als 8 % bezogen auf das Jahr 2011). Die Gemeinden Alsbach-Hähnlein, Fischbachtal, Groß-Bieberau, Modautal, und Otzberg weisen in diesem Zeitraum ein eher geringes Einwohnerzahlenwachstum (unter 100 Personen) auf. Die Entwicklung der Einwohnerzahlen ist insofern in der Region uneinheitlich, zeigt aber in Summe eine positive Entwicklung auf.

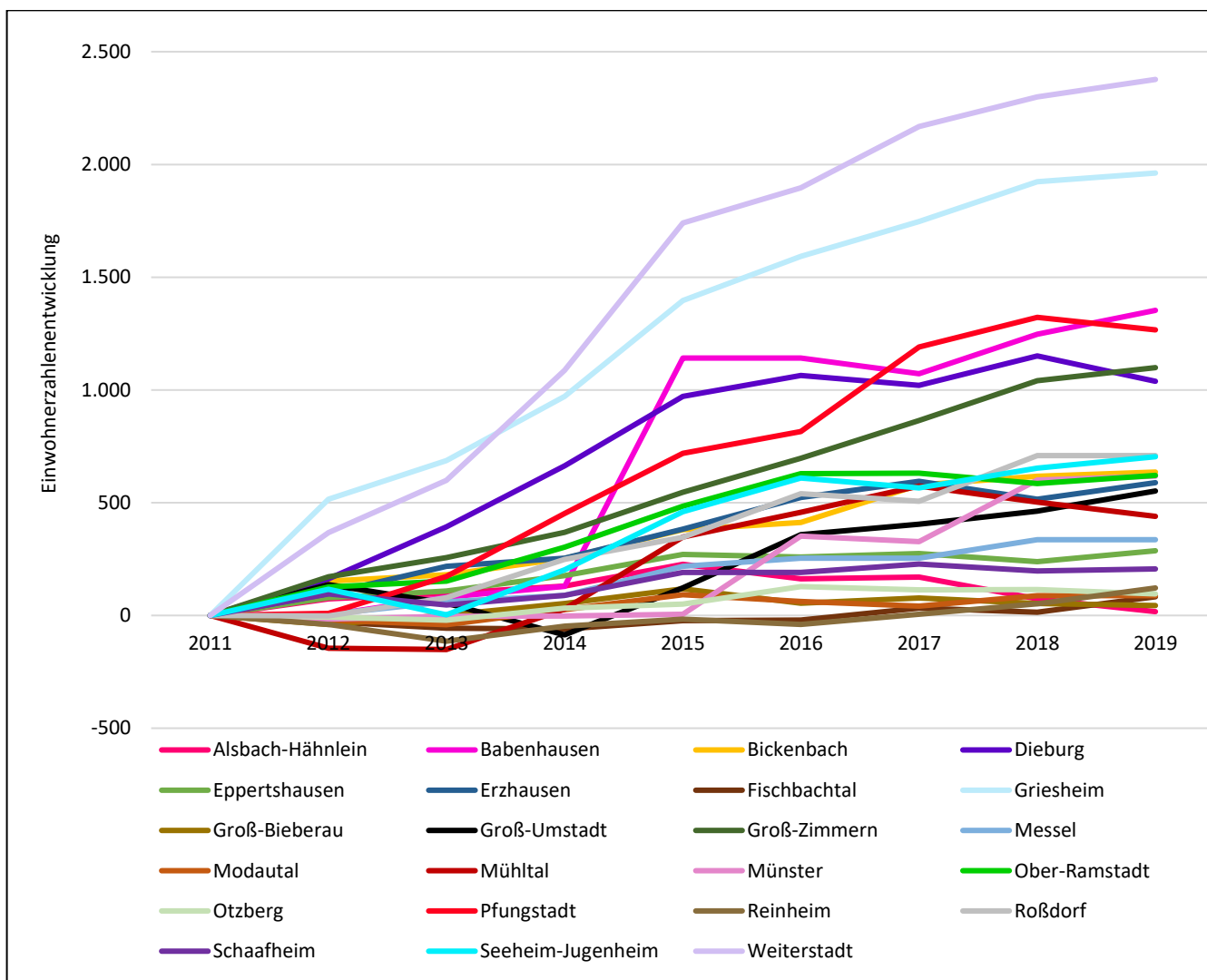


Abb. 29: Einwohnerzahlenentwicklung der Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg von 2011 bis 2019 (eigene Darstellung basierend auf Daten des HSL o. J.)

### Wohngebäudezahl

Mit einer Übersicht über den Wohngebäudebestand in den Gemeinden einer Region können unterschiedliche Entwicklungen in Abhängigkeit vom Wohngebäudebestand einer Gemeinde identifiziert werden.

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Die bei der Analyse der Bevölkerungszahl angewendete Klassifizierung lässt sich auch auf die Wohngebäudezahl (siehe Abb. 30) anwenden.

- Die Landgemeinden Fischbachtal, Groß-Bieberau und Messel weisen Bestände von weniger als 1.500 Wohngebäuden auf.
- In den Gemeinden Alsbach-Hähnlein, Bickenbach, Epperthausen, Erzhausen, Modautal, Otzberg und Schaaheim, die zu den kleinen Kleinstädten zählen, liegen Wohngebäudebestände von 1.500 bis 3.000 Wohngebäuden vor.
- In den größeren Kleinstädte Babenhausen, Dieburg, Groß-Zimmern, Mühlthal, Münster, Ober-Ramstadt, Reinheim, Roßdorf und Seeheim-Jugenheim gibt es 3.000 bis 5.000 Wohngebäude.
- Die Mittelstädte Griesheim, Groß-Umstadt, Pfungstadt und Weiterstadt verzeichnen mehr als 5.000 Wohngebäude in ihrem Bestand, jedoch nicht mehr als 6.000 Wohngebäude pro Gemeinde.

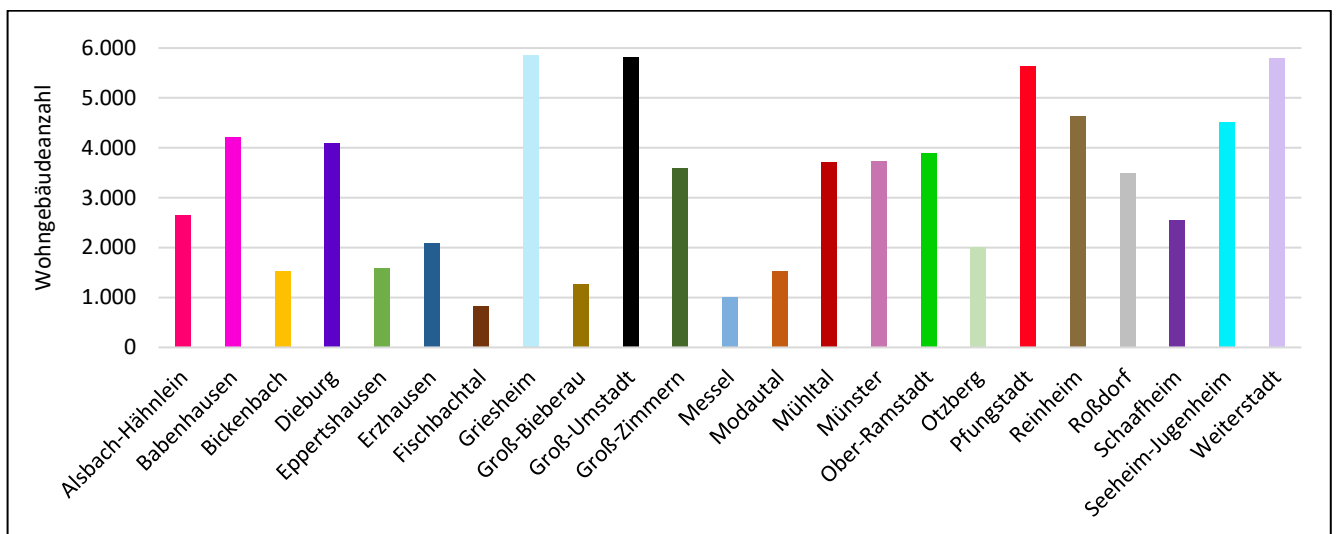


Abb. 30: Anzahl der Wohngebäude in den Städten und Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg am 31.12.2019 (eigene Darstellung basierend auf Daten des HSL o. J.)

### Entwicklung der Wohngebäudezahl

Um zukünftige Bau- und Rückbauaktivitäten bei Wohngebäuden in den Gemeinden einer Region abschätzen zu können, wird die Veränderung des Wohngebäudebestands in den Gemeinden in den vergangenen Jahren analysiert. Häufig wird nur die Anzahl der Wohngebäude zu bestimmten Stichtagen angegeben, nicht aber die Anzahl der Zu- und Abgänge eines Jahres bei Wohngebäuden, sodass eventuelle Rückbauten, die bspw. bei Projekten der Innenentwicklung erforderlich sind, die statistisch wirksame Anzahl der Neubauten reduziert. Daher ist eine Veränderung der Anzahl der Wohngebäude nur ein Hinweis auf Bau- und Rückbauaktivitäten, kann diese aber nicht vollumfänglich darstellen.

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Die Betrachtung der Entwicklung der Wohngebäudezahl wird ebenfalls auf die Zensuserhebung von 2011 gestützt. Die in der Gemeindestatistik verfügbaren Daten für 2011 und 2012 sind noch nicht bereinigt. Die Wohngebäudebestandszahlen des Zensus 2011 und der veröffentlichten Daten der Statistik des Hessischen Landesamtes für das Jahr 2011 weisen für den Landkreis Darmstadt-Dieburg insgesamt eine Differenz von 2.554 Wohngebäuden auf, im Einzelnen sind das bspw. Differenzen von +317 Wohngebäude in Weiterstadt oder -5 Wohngebäude in Erzhausen. Erst ab dem Jahr 2013 werden für die Fortschreibung des Wohngebäudebestandes in der amtlichen Gemeindestatistik die Ergebnisse des Zensus 2011 zugrunde gelegt. Für eine zweckmäßige Abbildung der Entwicklung der Wohngebäudezahl werden daher lediglich die Zensusdaten für 2011 sowie die nach der Zensuserhebung bereinigten Daten ab 2013 bis 2019 herangezogen.

Die Entwicklung der Zahl der Wohngebäude in den Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg im Zeitraum zwischen 2011 und 2019 zeigt zwischen den Gemeinden Unterschiede auf (siehe Abb. 31). Die Mittelzentren Griesheim und Groß-Umstadt sowie die Gemeinde Babenhausen weisen erhebliche absolute Wohngebäudezuwächse in diesem Zeitraum auf (mehr als 250 zusätzliche Wohngebäude). Die Gemeinden Babenhausen, Dieburg, Fischbachtal, Groß-Zimmern und Messel weisen erhebliche relative Wohngebäudezuwächse auf (mehr als 5 % der Wohngebäude bezogen auf das Jahr 2011). Die Gemeinden Fischbachtal, Groß-Bieberau, Modautal und Otzberg weisen einen eher geringen Zuwachs an Wohngebäuden auf (unter 70 zusätzliche Wohngebäude). Die Zahl der Wohngebäude steigt also im Zeitraum von 2011 bis 2019 in allen Gemeinden der Region, wenn auch nicht in allen Gemeinden gleich stark.

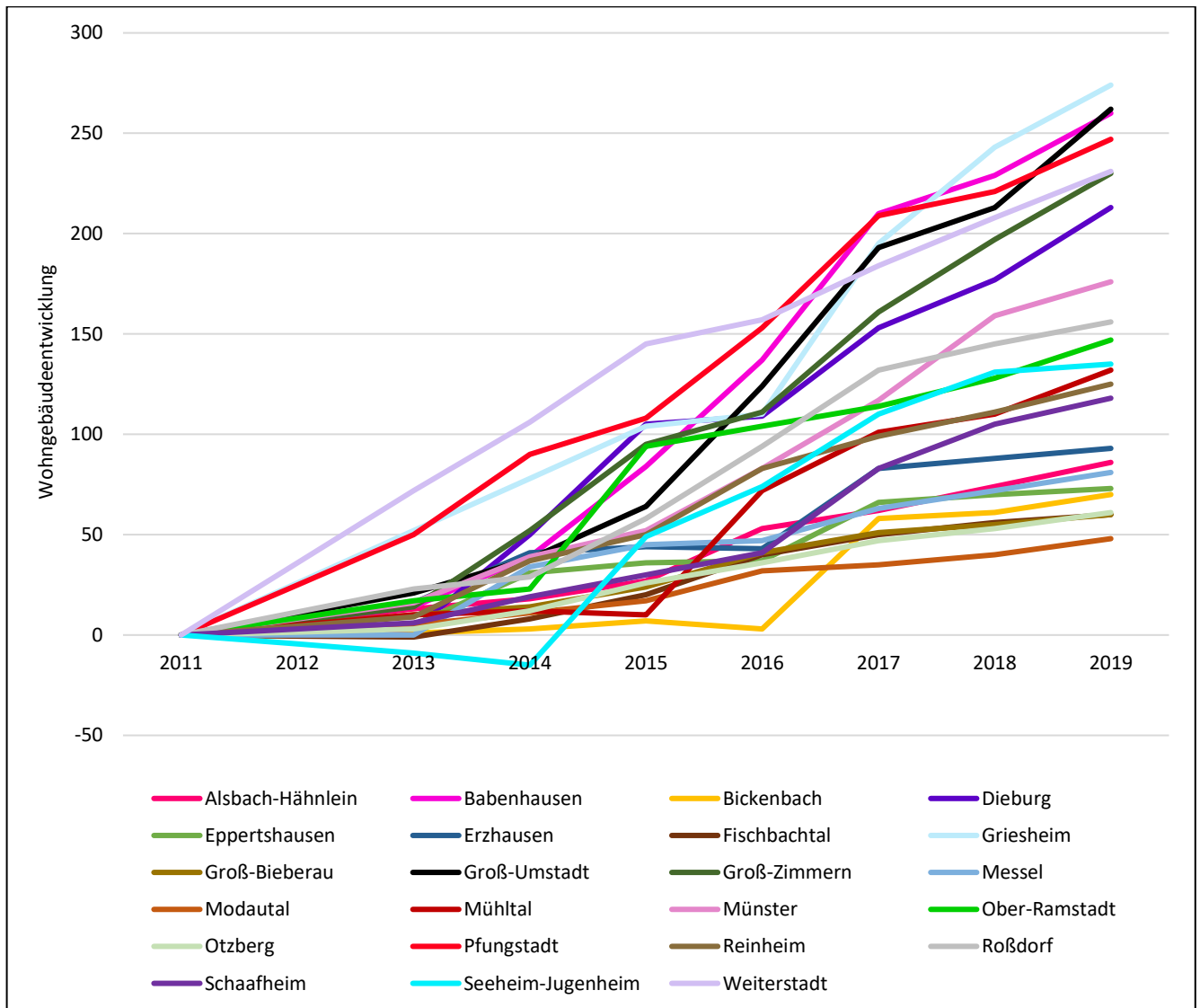


Abb. 31: Zuwachs an Wohngebäuden in den Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg von 2011 bis 2019 (eigene Darstellung basierend auf Daten des HSL o. J.)

### Anzahl der Wohngebäude nach Baualtersklassen

Da Rückbauaktivitäten bei Wohngebäuden sich vor allem auf bestimmte Baualtersklassen fokussiert, bedarf es auch einer Übersicht, wie groß die Gebäudeanzahl in den verschiedenen Baualtersklassen in den Gemeinden einer Region ist. Da aktuelle gemeindespezifische Statistiken zur Gebäudeanzahl je Baualtersklassen in der Regel nicht vorliegen, kann hier nur auf die Zensusdaten aus dem Jahr 2011 zurückgegriffen werden (siehe Abb. 32).

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Die Analyse der Gebäudeanzahl nach Baualtersklassen bei den Gemeinden im Landkreis Darmstadt-Dieburg bezogen auf das Jahr 2011 (siehe Abb. 32) zeigt, dass die Anzahl der Gebäude in der Baualtersklasse vor 1950 in allen Gemeinden einen eher geringen Anteil ausmacht. Unterschiede in den Gemeinden ergeben sich vor allem aus der Größe des historischen Ortskerns (z. B. Groß-Umstadt, Pfungstadt) bzw. der Anzahl historischer Ortskerne (z. B. Otzberg) in einer Gemeinde.

Auch in den Baualtersklassen mit dem üblicherweise höchsten Gebäudebestand zeigen sich zwischen den Gemeinden Unterschiede. So haben einige Gemeinden ein gleichmäßiges Wachstum zu verzeichnen (z. B. Ober-Ramstadt), während andere Gemeinden in der Baualtersklasse 1950 bis 1969 ein stärkeres Wachstum zu verzeichnen haben (z. B. Eppertshausen und Griesheim) und wieder andere Gemeinden in der Baualtersklasse 1970 bis 1989 stärker gewachsen sind (z. B. Reinheim und Weiterstadt).

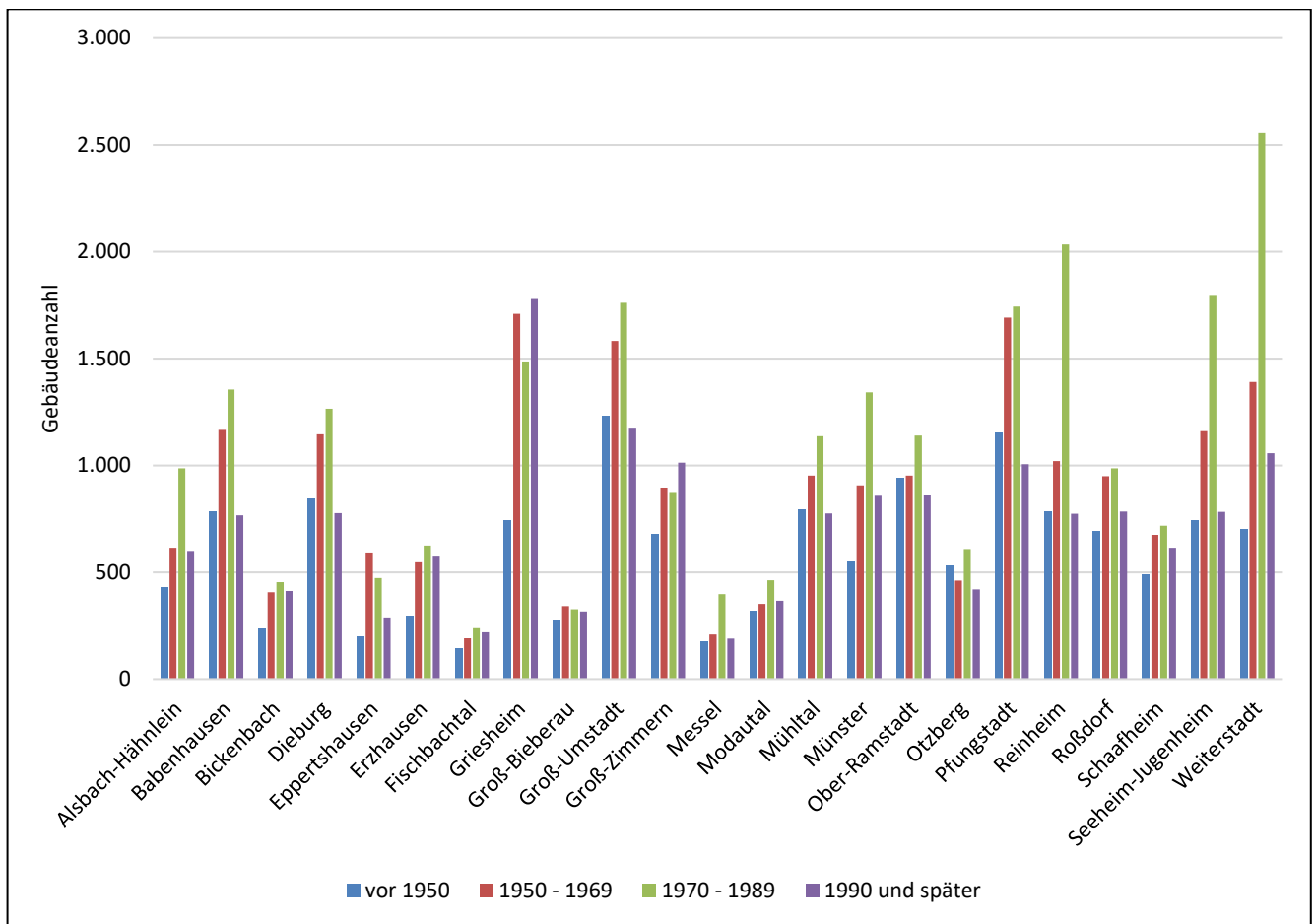


Abb. 32: Gebäude mit Wohnraum nach Baualtersklassen (eigene Darstellung basierend auf Daten des Zensus 2011)

### Anteil unterschiedlicher Wohngebäudetypen

Über die unterschiedlichen Anteile der Wohngebäudetypen (Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Große Mehrfamilienhäuser, Hochhäuser (IWU 2003)) liegen in der Regel in den einzelnen Gemeinden und der Region keine Erkenntnisse vor. Um diesbezüglich unterschiedliche Siedlungsstrukturen zwischen den Gemeinden einer Region identifizieren zu können, kann hilfsweise auf das aus gegebenen Daten zu bestimmende Verhältnis von Wohngebäudeanzahl und Einwohnerzahl einer Gemeinde zurückgegriffen werden. Mögliche Ausreißer (z. B. übergroßer Anteil großer Mehrfamilienhäuser und übergroßer Anteil von Einfamilienhäusern) können durch die Inaugenscheinnahme der Siedlungsstruktur identifiziert werden.

Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg: Die Korrelationsanalyse des Verhältnisses der Anzahl der Wohngebäude und der Einwohnerzahl in den Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg (siehe Abb. 33) weist ein

hohes Bestimmtheitsmaß auf, sodass von einem weitgehend einheitlichen Anteil der verschiedenen Wohng Gebäudetypen in den einzelnen Gemeinden ausgegangen werden kann. Die Inaugenscheinnahme der Siedlungsstruktur in den einzelnen Gemeinden zeigt, dass Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser in der Region dominieren und dass nur in Gemeinden mit großen Einwohnerzahlen vereinzelt größere Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser errichtet wurden.

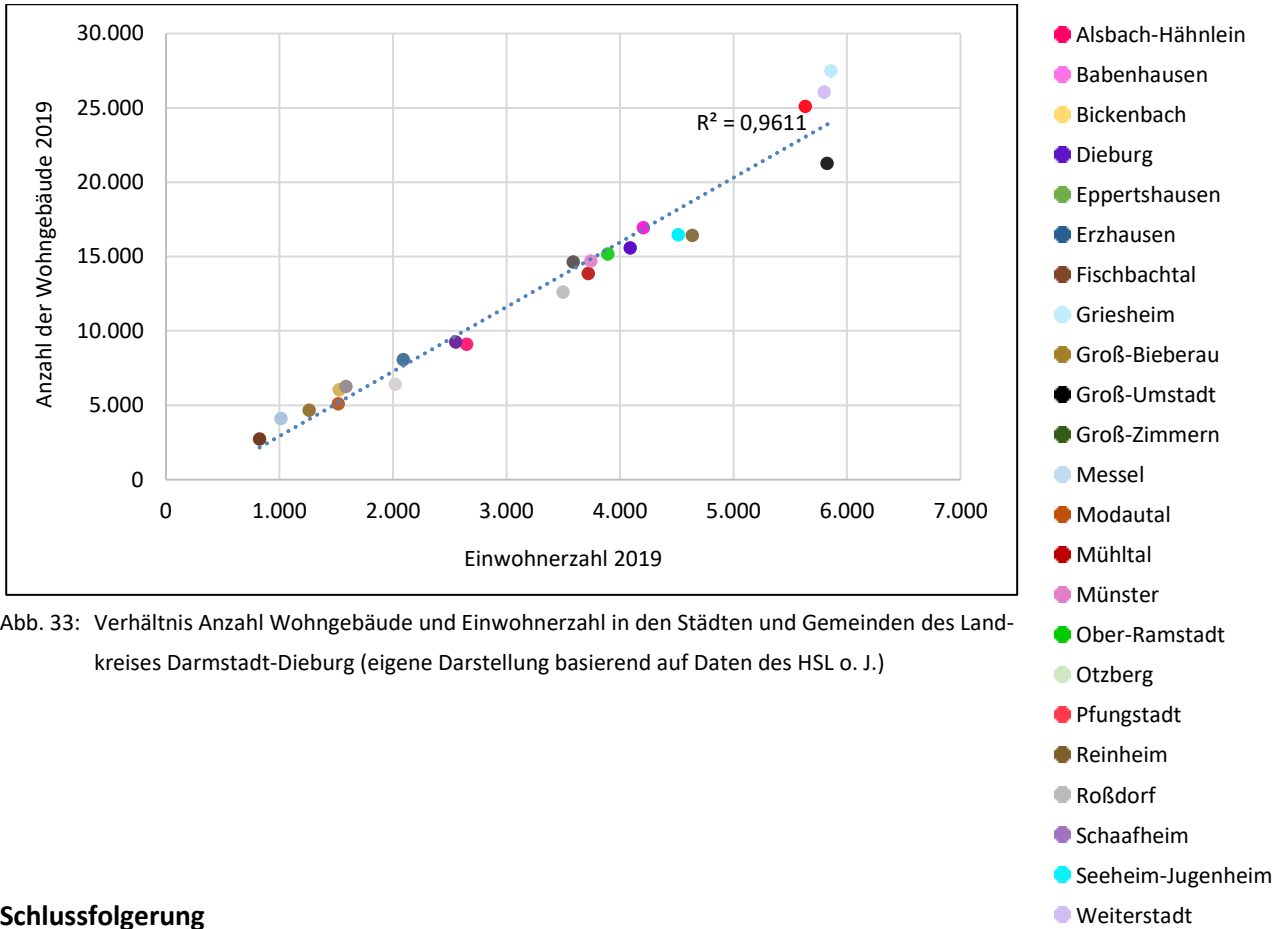


Abb. 33: Verhältnis Anzahl Wohngebäude und Einwohnerzahl in den Städten und Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg (eigene Darstellung basierend auf Daten des HSL o. J.)

### Schlussfolgerung

Mittels der Analyse der Siedlungsstruktur und der Entwicklung der einzelnen Gemeinden hinsichtlich Bevölkerungs- und Gebäudeanzahl einer Region sollen unterschiedliche Entwicklungen in Teilräumen der Region identifiziert werden. Dies dient einerseits einer Steigerung der Genauigkeit von Prognosen zum zukünftigen mengenmäßigen Aufkommen und zur mengenmäßigen Aufnahme wiederverwendbarer Bauteile und anderen Baumaterialien. Andererseits erlauben Erkenntnisse über eine räumliche Verteilung des Aufkommens und der Aufnahme wiederverwendbarer Bauteile und anderer Baumaterialien auch eine Anpassung der Logistik (z. B. Bereitstellung von Lagerflächen).

#### Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg:

Die Analyse der Gemeinden und des Landkreises Darmstadt-Dieburg hinsichtlich struktureller Unterschiede, die ein unterschiedliches mengenmäßiges Aufkommen und eine mengenmäßige Aufnahme wiederverwendbarer Bauteile und anderen Baumaterialien erwarten lassen, lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Hinsichtlich der Einwohnerentwicklung weisen die einwohnerstärkeren Gemeinden des Landkreises Darmstadt-Dieburg durchschnittlich ein größeres Wachstum als die einwohnerschwächeren Gemeinden auf. Wenn, wie hier, einzelne, kleinere Gemeinden von diesen Entwicklungen abweichen, ist dies für eine Prognose für den gesamten Landkreis nicht signifikant.

- Hinsichtlich der Entwicklung der Anzahl der Wohngebäude weisen alle Gemeinden im Landkreis ein Wachstum auf. Auch hier wächst die Anzahl der Wohngebäude bei den einwohnerstärkeren Gemeinden stärker als bei den einwohnerschwächeren.
- Auch hinsichtlich der Anteile der Wohngebäude in den verschiedenen Baualtersklassen weisen die Gemeinden des Landkreises Unterschiede auf. Diese Unterschiede lassen sich aber nicht bestimmten Gemeindetypen zuordnen, sondern sind durch die unterschiedliche historische Entwicklung der Gemeinden entstanden.
- Die Siedlungsstruktur in den Gemeinden hinsichtlich des Anteils der vorhandenen Wohngebäudetypen weist keine signifikanten Unterschiede auf.

Als Vergleichsparameter für eine Übertragbarkeit der Ergebnisse für den Landkreis Darmstadt-Dieburg auf andere Regionen können angehalten werden:

- Anteil Einwohner nach Stadt- und Gemeindetypen (Zeitraum: 2019)

Landgemeinden	Kleine Kleinstädte	Größere Kleinstädte	Mittelstädte
4 %	17 %	45 %	34 %

- Relative jährliche Entwicklung der Einwohnerzahl nach Stadt- und Gemeindetypen (abgeleitet aus dem Zeitraum 2011 – 2019)

Landgemeinden	Kleine Kleinstädte	Größere Kleinstädte	Mittelstädte
0,5 %	0,5 %	0,6 %	0,8 %

- Relative jährliche Entwicklung des Wohngebäudebestandes nach Stadt- und Gemeindetypen (abgeleitet aus dem Zeitraum 2011-2019)

Landgemeinden	Kleine Kleinstädte	Größere Kleinstädte	Mittelstädte
0,8 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %

- Anteil der Wohngebäude nach Baualtersklassen (Zeitraum: 2019)

Vor 1950	1950-1969	1970-1989	Seit 1990
18 %	27 %	33 %	22 %

Bei der Interpretation der einzelnen Kennzahlen ist zu beachten, dass deren Zusammenspiel bei der Prüfung der Übertragbarkeit von hoher Relevanz ist. Ein relevanter Anteil an Gebäuden in den älteren Baualtersklassen spricht einerseits für ein hohes Bauteilpotential, ist bei einer negativen Gebäude- und Einwohnerzahlentwicklung aber wenig relevant. Gleiches gilt für Gebiete, die eine positive Entwicklung aufweisen aber kaum Gebäude in den älteren Baualtersklassen. Die Interpretation der Kennzahlen hat somit immer in Kombination zu erfolgen.

## Schritt 2: Prognose der zukünftigen Neubautätigkeit in der Region

Wenn Gemeinden keine aktuellen und öffentlich zugänglichen Prognosen zur zukünftigen Gemeindeentwicklung, einschließlich Neubautätigkeit, zur Verfügung stellen, müssen ersatzweise andere Indikatoren herangezogen



gen werden. Zur Prognose der zukünftigen Neubautätigkeit in einer Region kann ersatzweise die statistisch erfasste Veränderung des Wohngebäudebestands aus den letzten Jahren herangezogen und in erster Näherung fortgeschrieben werden, was sich durch die Analysen des Bauabgangs im Folgenden bestätigt.

Auch wenn keine aktuellen Prognosen der Gemeinden zur zukünftigen Neubautätigkeit in einer Region vorliegen, lassen sich möglicherweise auch Rückschlüsse aus älteren Prognosen ableiten. Hier können ggf. Abschätzungen des Wohnsiedlungsflächenbedarfs im Zuge der Aufstellung eines Regionalplans genutzt werden. Über einen Abgleich der erwarteten Entwicklung durch Ausweisung zusätzlicher Wohnsiedlungsflächen und der tatsächlichen Entwicklung in Form der Veränderung des Wohngebäudebestands kann eine tendenzielle Einschätzung erfolgen, ob sich hier erhebliche Abweichungen ergeben, die bei einer Prognose der zukünftigen Neubautätigkeit in einer Region berücksichtigt werden sollten. Ggf. lassen sich aus den Erkenntnissen eines solchen Abgleichs in einer Region auch Rückschlüsse auf den Verlauf in anderen Regionen ziehen, in denen eine Statistik zur Veränderung des Wohngebäudebestands nicht geführt wird.

**Fallbeispiel Landkreis Darmstadt-Dieburg:** Bei der Analyse der Veränderungen des Wohngebäudebestandes (Abb. 31) für den Zeitraum 2011 und 2019 hat sich gezeigt, dass alle Gemeinden der Region einen Zuwachs an Wohngebäuden aufweisen.

Um einen Abgleich zwischen der tatsächlichen Entwicklung des Wohngebäudebestands und prognostizierten Entwicklungen vornehmen zu können, wird auf den im Rahmen der Aufstellung des Regionalplans Südhessen abgeschätzten maximalen Bedarf an Siedlungsfläche je Gemeinde für den Zeitraum 2002 bis 2020 (RP Darmstadt 2011, S. 31) Bezug genommen (siehe Abb. 34).

Allerdings lassen sich bei der Analyse von maximalem Wohnsiedlungsflächenbedarf zu Gemeindegrößenklasse nach Einwohner oder auch Lage der Gemeinde allenfalls tendenzielle Aussagen treffen. So ist der maximale Wohnsiedlungsflächenbedarf bei Gemeinden mit höheren Einwohnerzahlen erwartungsgemäß tendenziell größer als bei Gemeinden mit niedrigeren Einwohnerzahlen. Im Einzelfall ergeben sich aber auch Abweichungen. So wird der maximale Wohnsiedlungsflächenbedarf der Stadt Babenhausen und der Gemeinde Reinheim genauso hoch festgelegt wie bei dem Mittelzentrum Groß-Umstadt und damit höher als bei den anderen Mittelzentren. Die beiden eher räumlich gut an die Stadt Darmstadt angebundenen Gemeinden Mühlthal und Seeheim-Jugenheim haben einen geringeren maximalen Wohnsiedlungsflächenbedarf gegenüber der eher peripher gelegenen und einwohnermäßig deutlich kleineren Gemeinde Schaaheim.

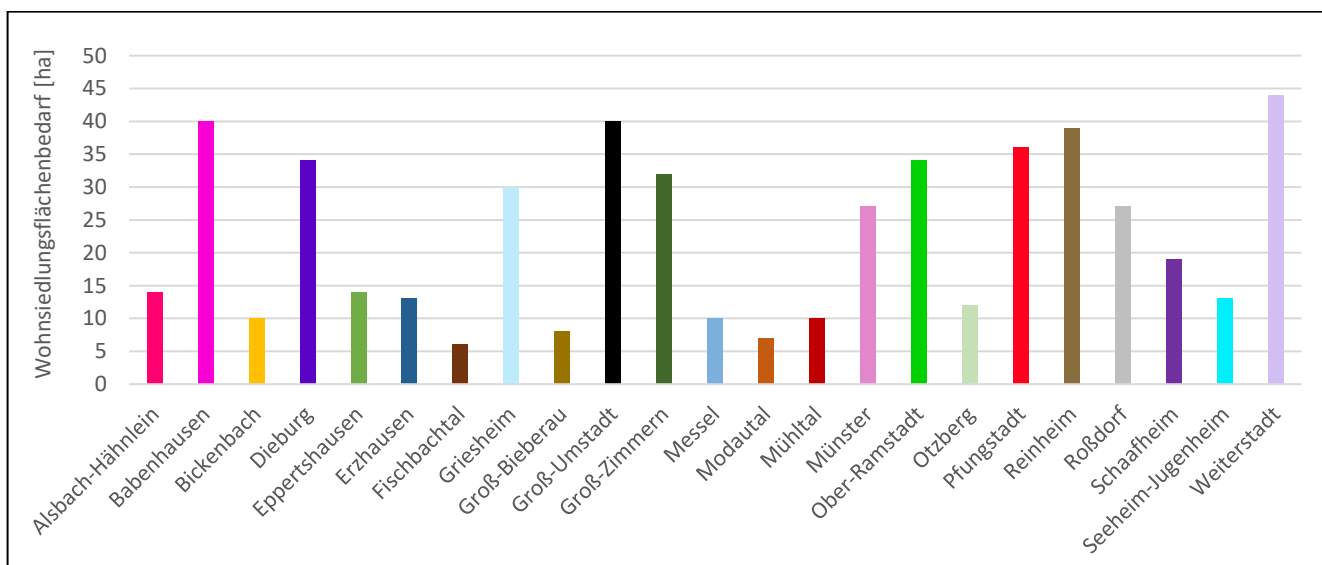


Abb. 34: Maximaler Bedarf an Wohnsiedlungsfläche von 2002 bis 2020 in Hektar (eigene Darstellung basierend auf Daten von RP Darmstadt 2011, S. 31)

Beim Abgleich zwischen dem Zuwachs an Wohngebäuden (2011-2018) und der Prognose zum maximalen Wohnsiedlungsflächenbedarf (2002-2020) je Gemeinde (siehe Abb. 35) zeigt sich, dass durchaus größere Abweichungen zwischen den Gemeinden bestehen. So haben die Gemeinde Seeheim-Jugenheim und Mühlthal einen deutlich höheren Zuwachs an Wohngebäuden als dies der maximale Wohnflächensiedlungsbedarf erwarten lässt. Bei der Gemeinde Reinheim lässt dagegen das Verhältnis von Wohngebäudezuwachs und maximalem Wohnsiedlungsflächenbedarf eine Überschätzung der Entwicklung der Neubautätigkeit erwarten.

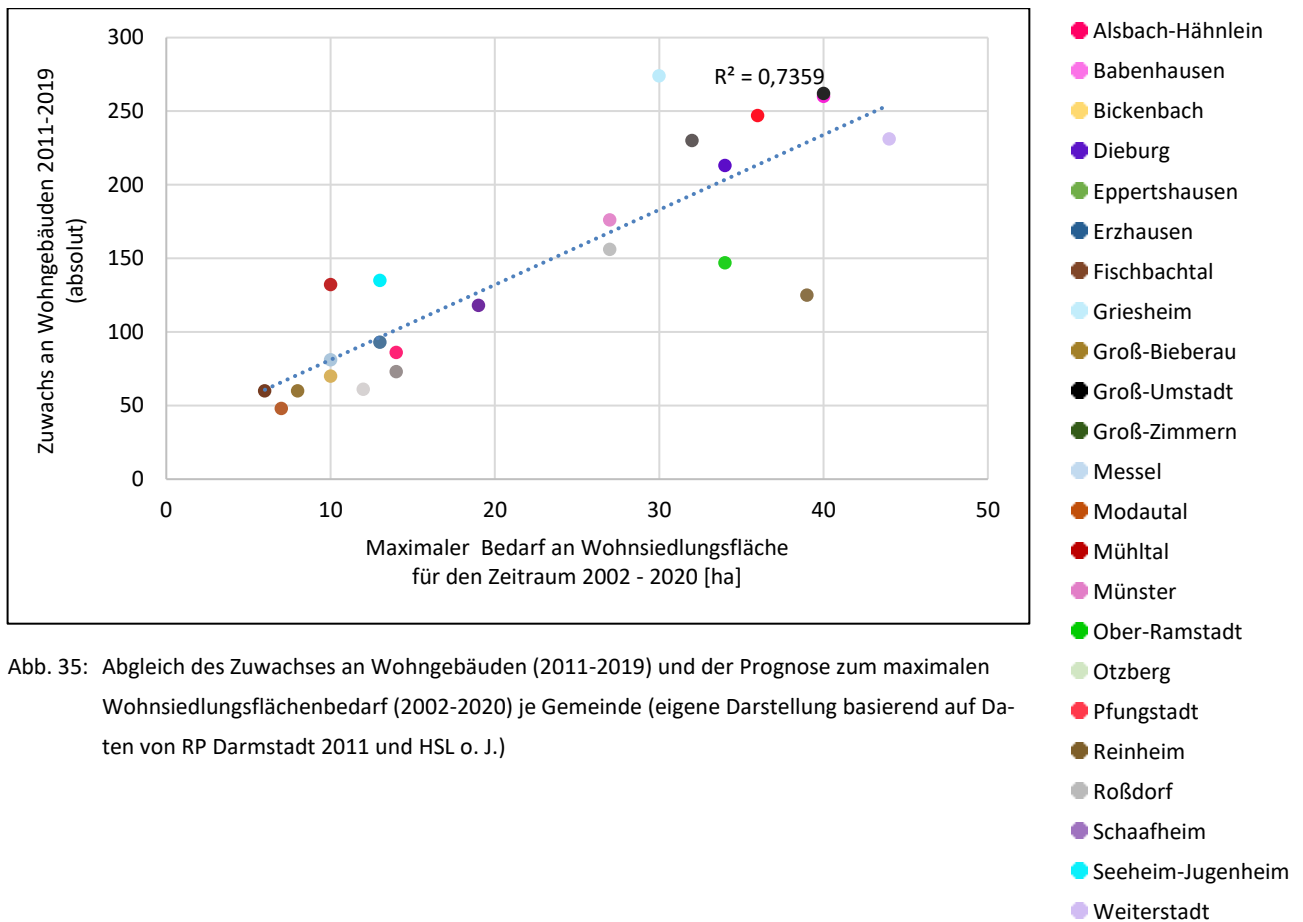


Abb. 35: Abgleich des Zuwachses an Wohngebäuden (2011-2019) und der Prognose zum maximalen Wohnsiedlungsflächenbedarf (2002-2020) je Gemeinde (eigene Darstellung basierend auf Daten von RP Darmstadt 2011 und HSL o. J.)

Der Abgleich zwischen der tatsächlichen Entwicklung des Wohngebäudebestands und früher prognostizierten Entwicklungen, hier im Zuge der Aufstellung des Regionalplans Südhessen, zeigt für den Landkreis Darmstadt-Dieburg, dass die frühere Prognose durchaus zur groben Abschätzung von zukünftigen Neubautätigkeiten herangezogen werden kann. Allerdings zeigt sich an dem hohen  $R^2$  auch, dass es einen stark positiven Zusammenhang gibt. Dies spricht dafür, dass zukünftig Baumaterialbedarfe bestehen. Auf Grund verschiedener Unsicherheiten, die sich bspw. aus der Ungenauigkeit der Eingangsdaten, aber auch aus der Unsicherheit über die zukünftige Fortsetzung der aktuellen Entwicklung ergeben, erscheint ein mengenmäßiger Abgleich zwischen potenziellem Baumaterialbedarf und Baumaterialaufkommen nicht sinnvoll und eher auf Scheingenauigkeiten zu beruhen. Ein Abgleich der Richtungen der Entwicklungen erscheint jedoch wertvoll, da diese stabiler als die mengenmäßigen Schätzungen sind und grundsätzlich bereits sinnvolle Interpretationen zulassen, basierend auf denen eine Entscheidung für oder gegen die Implementierung eines Geschäftsmodells getroffen werden kann.

### Schritt 3: Prognose des Aufkommens an wiederverwendbaren Baumaterialien

Eine wichtige Quelle für wiederverwendbare Baumaterialien sind Gebäuderückbaumaßnahmen. Einerseits fallen insbesondere bei Rückbaumaßnahmen größere Mengen an Baumaterialien an und andererseits werden

---

Baumaterialien aus Gebäuderückbauten regelmäßig entsorgt und ihre Wiederverwendung führt daher im Vergleich zu Entsorgung zu einer besonders hohen ökologischen Aufwertung. Um die sich aus Gebäuderückbaumaßnahmen ergebenden Baumaterialmengen und deren potentielle Erträge in einer Region abschätzen zu können, kann auf die Bauabgangsstatistik in Kombination mit dem Zensus zurückgegriffen werden. Im Folgenden werden daher zunächst die Bauabgangsstatistik und der Zensus als Datengrundlagen erläutert und darauf aufbauend die entwickelte Methodik zur Schätzung des Bauabgangs sowie deren Verwendung zur Schätzung des tatsächlichen Baumaterialaufkommens beschrieben. Da die Bauabgangsstatistik dem Datenschutz unterliegt und Veröffentlichungen daraus genehmigungspflichtig sind, handelt es sich bei den dargestellten Abbildungen und Werten um beispielhafte Werte.

### **Bauabgangsstatistik**

Im Rahmen der Untersuchungen über die Entwicklung des Wohngebäudebestandes in der Bundesrepublik Deutschland werden gemäß § 1 Abs. 1 HBauStatG jährlich Erhebungen über die Bautätigkeit durchgeführt. Bautätigkeit ist in diesem Sinne jegliche Veränderung des Gebäudebestands in Form von Zu- und Abgängen. Die Fortschreibung des Gebäudebestandes ergibt sich daher über die Differenz der Anzahl der fertig gestellten Neubauten und der Bauabgänge. Die Bauabgangsstatistik dokumentiert die Bauabgänge.

Die Nutzung der Mikrodaten der Bauabgangsstatistik unterliegt nach den Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022) mehreren Einschränkungen. Die Nutzung der Mikrodaten ist gesetzlich geregelt, dem Datenschutz verpflichtet, adressatengebunden, zweckgebunden, zeitlich begrenzt, vertraglich vereinbart und kostenpflichtig. Diese Gründe führen dazu, dass innerhalb dieses Berichts keine direkt aus der Bauabgangsstatistik abgeleiteten Ergebniswerte publiziert werden können. Die Methodik wurde jedoch basierend auf den Daten entwickelt, erprobt und evaluiert und lässt sich auf andere Regionen anwenden. Voraussetzung für die Anwendung in anderen Regionen ist die Beschaffung der Bauabgangsstatistik durch die entsprechenden Interessenten. Bei allen in diesem Bericht angegebenen Werten handelt es sich um beispielhafte Werte, die die Anwendung der Methodik beschreiben.

Der bundesweit erhobene Abgang an Wohngebäuden ergibt sich nach § 2 Abs. 2 HBauStatG als Summe aller Gebäude und Gebäudeteile, die ihrer Nutzung entzogen werden. Gründe für einen Nutzungsentzug stellen dabei ordnungsbehördliche Maßnahmen, ein Schadensereignis, wie z. B. Feuer, oder ein Abbruch dar. Zudem werden auch Nutzungsänderungen, genauer eine Umwidmung eines Gebäudes von Wohnnutzung zu Nichtwohnnutzung, berücksichtigt.

Die Daten für die Statistik werden den Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020, S. 33) zufolge, von den Bauaufsichtsbehörden sowie Grundstückseigentümer:innen und Gemeinden gewonnen. Es handelt sich bei der Erhebung um eine Totalerhebung, da Bauherr:innen bei Beantragung einer Baugenehmigung, darunter fallen auch Genehmigungen für einen Abbruch oder eine Nutzungsänderung, einen Statistikbogen ausfüllen müssen. Diese Daten gelangen über Bauämter zu den Statistischen Ämtern der Länder und schließlich an das Statistische Bundesamt. Für welche Vorhaben eine Genehmigung erforderlich ist, orientiert sich allerdings nach den Landesbauordnungen, sodass die Erfassungsgrenzen<sup>2</sup> nicht bundesweit trennscharf angegeben werden können (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020, S. 30). Es wird durch die Statistischen Ämter jedoch darauf hingewiesen, dass unabhängig von der Genehmigungspflicht jeder bekanntwerdende Abgang zu erfassen ist (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020, S. 31). Dabei bleibt jedoch offen, inwiefern solche Abgänge den Behörden bekannt werden.

---

<sup>2</sup> Eine Aufstellung der bundesländerspezifischen Unterschiede würde den Rahmen der vorliegenden Untersuchung sprengen, weshalb hier lediglich darauf verwiesen werden kann, dass es bei der Erhebung zu Unterschieden kommt, jedoch nicht, wie stark diese ausgeprägt sind.

---

Grundlage für die Einordnung der Aussagekraft der Statistik ist insbesondere die Definition eines eigenständigen Wohngebäudes. Wohngebäude sind den Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020, S. 31) zufolge jedwede Gebäude, die flächenmäßig mindestens hälftig zu Wohnzwecken dienen. Eigenständigkeit begründet sich aus dem Vorhandensein einer Brandmauer zwischen zusammenhängenden Gebäudeeinheiten oder eines eigenen Erschließungssystems. Reihenhäuser und Doppelhäuser werden demnach üblicherweise als eigenständige Wohngebäude erfasst, wohingegen Mehrfamilienhäuser aufgrund der gemeinsamen Erschließung als ein Gebäude gezählt werden. Eine sehr detaillierte Einordnung, welche Gebäude als Wohngebäude erfasst werden, lässt sich den Metadaten zur Bauabgangsstatistik entnehmen.

Ein grober Rahmen für den Umfang der Dokumentation von Bauabgängen ergibt sich aus § 3 Abs. 4 HBauStatG, die konkrete Ausgestaltung des durch die Grundstückseigentümer:innen auszufüllenden Fragebogens obliegt jedoch den statistischen Ämtern. In den folgenden Abschnitten wird deshalb auf die erhobenen Merkmale, sowie in der Historie aufgetretene methodische Änderungen und das Anonymisierungskonzept eingegangen.

Die in der Bauabgangsstatistik enthaltenen Angaben zu den Abgängen werden über einen Fragebogen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020, S. 7f.), der durch die Eigentümer:innen direkt ausgefüllt wird, bestimmt. Um die Auswertungspotenziale aufzuzeigen wird im Folgenden die Struktur des Erhebungsbogens beschrieben. Einleitend werden allgemeine Angaben, wie die geografische Lage des betreffenden Gebäudes, das Datum des Abgangs, sowie die Art des/der Eigentümers:in erfragt. Da auch Nichtwohngebäude in der Bauabgangsstatistik erfasst werden, ist das Merkmal der Gebäudeart für die spätere Fokussierung auf Wohngebäude relevant. Von besonderem Interesse für die spätere Auswertung ist zudem das nachfolgende Merkmal des Gebäudealters. Dieses wird jedoch nicht jahresgenau, sondern in Form von unterschiedlich breit gefassten Altersklassen erhoben. Da wie bereits erläutert verschiedene Gründe für einen Bauabgang in Frage kommen, wird die Ursache ebenfalls erfasst. Schließlich wird der Abgang in seinem Umfang detailliert erhoben. Dabei wird insbesondere auch auf die Größe in Form der Wohnfläche eingegangen.

Im Zeitablauf wurde der Fragebogen der Bauabgangsstatistik hinsichtlich einiger Merkmale umgestellt, sodass eine Kontinuität des dieser Untersuchung zugrundeliegenden Datensatzes von 2000 bis 2017 nur eingeschränkt gegeben ist. Eine auswertungstechnisch relevante, aber inhaltlich unbedeutende Änderung stellt die Umkodierung aller Merkmalsbezeichnungen zum Jahreswechsel 2005 dar. Zudem wurden ab dem Jahr 2012 zwei Merkmale zur Ermittlung sonstiger Wohneinheiten in den Bauabgängen nicht mehr erhoben, die für die Untersuchung jedoch keine Relevanz besitzen. Für die Auswertung höchst relevant ist jedoch die Neuklassifizierung des Baualters ab dem Jahr 2016 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2020, S. 6). In der alten Klassifikation wurden alle Gebäude, die nach 1980 errichtet wurden, als eine Klasse erhoben, wohingegen mit der Neuerung dieser Zeitraum feiner untergliedert wurde (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020, S. 19f.). Darüber hinaus wurden nahezu alle anderen Klassengrenzen verschoben, sodass keine direkte Kompatibilität mehr besteht und bei einer Zeitreihenbetrachtung Überführungsrechnungen notwendig werden.

Nach § 16 Abs. 6 des Bundesstatistikgesetzes (BStatG) wurden Merkmale, die eine direkte Zuordnung der Daten zu einzelnen Gebäuden zulassen würden, so etwa die genaue Anschrift des Objekts, bei der Übermittlung der Daten durch das Statistische Bundesamt an die Autoren ausgelassen. Daraus erwächst für die Auswertung kein Nachteil, da die Gemeinde des Abgangs als kleinste geografische Angabe für die beabsichtigten Zwecke ausreichend ist.

Abschließend wird die Qualität der Daten der Bauabgangsstatistik beurteilt. Dabei ist zunächst positiv anzumerken, dass keine stichprobenbedingten Fehler existieren sollten, da es sich um eine Totalerhebung handelt.

Aus nicht näher bestimmten Gründen ist der bundesweite, ab dem Berichtsjahr 2000 bereitgestellte Datensatz des Bauabgangs anfangs nicht lückenlos. So sind für das Jahr 2000 aus den Bundesländern Schleswig-Holstein

---

und Hamburg, für das Jahr 2001 für die Bundesländer Schleswig-Holstein und Bremen sowie für das Jahr 2002 aus Bremen keine Daten vorhanden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2018, S. 2).

Wie bereits beschrieben erfolgt die Erfassung der Bauabgänge im Regelfall über einen Statistikbogen im Rahmen der Beantragung einer Baugenehmigung, sodass gemeinhin nur meldepflichtige Vorhaben in die Statistik einfließen. Da die Festlegung der Grenzwerte und die Ausnahmen von der Genehmigungspflicht je nach Bundesland verschieden sind wird ein gewisser Teil aller abgehenden Gebäude nicht erfasst. Dies führt dazu, dass die Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020, S. 30) die Qualität der Statistik als unterschiedlich hoch angeben. Dieser Umstand der Unterfassung des tatsächlichen Abgangs ist auch in der Literatur bekannt. Deshalb werden Korrekturfaktoren vorgeschlagen, mit denen die offiziell kommunizierten Werte faktorisiert werden können, um den tatsächlichen Bauabgang anzunähern. Hinsichtlich der Größe der Korrekturwerte besteht jedoch kein allgemeiner Konsens. Iwanow et al. (2014) setzen für Baden-Württemberg einen Faktor 3 an, Henger et al. (2015) schätzen deutschlandweit einen Faktor von 2 ab. Einigkeit herrscht lediglich darüber, dass eine Korrektur nach oben notwendig ist. Vor diesem Hintergrund können die Werte der Bauabgangsstatistik als absolute Untergrenze des tatsächlichen Bauabgangs betrachtet werden. Eine weitere Unschärfe des Datensatzes stellt die Flächenerfassung der Objekte dar. Es wird zwar eine Angabe der Wohnfläche des Abgangs nach Wohnflächenverordnung gefordert, ob die Eigentümer:innen, welche den Fragebogen beantworten, diese auch danach berechnet und korrekt eingetragen haben oder lediglich überschlägig geschätzte Werte kommunizieren, kann nicht überprüft werden.

### Zensus

Die Bauabgangsstatistik kann genutzt werden um Gebäudeabgänge zu prognostizieren. Handelt es sich bei der Prognose um eine einfache lineare Fortschreibung aktueller Abgangsgrößen, führt dies insbesondere bei längerfristigen Betrachtungen zu unrealistischen Werten<sup>3</sup>. Es ist daher sinnvoll, den Gebäudebestand bei der Schätzung zukünftiger Bauabgänge zu integrieren. Der Gebäudebestand wird regelmäßig über den Zensus erhoben. Im Rahmen dieser Erhebung werden sowohl die absolute Zahl der bestehenden Wohngebäude als auch detaillierte Informationen über die Zusammensetzung dieses Gebäudebestands gemeldet. Während die Gesamtzählung hauptsächlich auf der Auswertung von Verwaltungsregistern beruht, versenden die Behörden zur Ermittlung des Wohngebäudebestands einen Fragebogen an alle Grundstückseigentümer:innen in Deutschland. Von den erhobenen Variablen sind die Variablen Nutzfläche, Baujahr und geografische Angaben die Variablen mit der größten Bedeutung für die weitere Analyse. Ein positiver Aspekt des Zensus ist ebenso wie bei der Bauabgangsstatistik die Abwesenheit von Stichprobenfehlern, da der Zensus ebenfalls auf einer Vollerhebung basiert.

### Methodik

Der methodische Ansatz der Bauabgangsschätzung besteht aus den folgenden Schritten:

- Bestimmung der funktionalen Zusammenhänge für die Vorhersage zukünftiger Abbrüche
- Bestimmung der Randbedingungen und Schätzung der Parameter
- Auswertung und Vergleich der Modelle

Die Bestimmung einer geeigneten funktionalen Beziehung basiert auf der Literatur zur Lebensdaueranalyse von Gebäuden. Prinzipiell sind unendlich viele verschiedene Modellvarianten, differenziert nach Funktionszusammenhang und Parametern der Funktion, möglich. Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass es eine große Band-

---

<sup>3</sup> Bei Betrachtung langfristiger Entwicklungen führt eine negative Steigung der Regressionsgerade zwangsläufig ab einem bestimmten Zeitpunkt zu negativen Bauabgängen und eine positive Steigung ab einem bestimmten Zeitpunkt zu kumulativ höheren Bauabgängen als tatsächlichem Gebäudebestand.

---

breite von sehr einfachen Modellen gibt, die die Annahme eines gleichzeitigen oder (verzögerten) linearen Abgangs verwenden, bis hin zu komplexeren Funktionen, die z. B. eine normalverteilte oder andere nichtlineare Funktionsform annehmen, die in diesem oder ähnlichen Kontexten wie bspw. dem allgemeinen Abgang von Vermögenswerten angewendet werden (Johnstone 2001, S. 44; Schreyer 2009, S. 114-116). Häufig genannte und gewählte Funktionen zur Beschreibung der Lebensdauer von Gebäuden sind zum Beispiel die Gompertz-Verteilung, die Log-Normal-Verteilung, die Normalverteilung, die Weibull-Verteilung und die Winfrey-Verteilung (Aksözen et al. 2017, S. 261; Komatsu et al. 1994, S. 2; Müller 2006; Sartori et al. 2008, S. 415; Schreyer 2009, S. 114-118). Die Einfachheit und direkte Interpretierbarkeit der Normalverteilung könnten zu ihrer besonders häufigen Verwendung, wie z. B. bei Müller (2006, S. 148), bei Bergsdal et al. (2007, S. 36), bei Sartori et al. (2008, S. 415) oder bei Tang et al. (2021, S. 5), beitragen. Innerhalb dieser großen Bandbreite muss eine Auswahl für das Modell getroffen werden, das sich für den Zweck der Bauabgangsprognose zur Schätzung des potenziellen Bau-  
teilaufkommens besonders gut eignet.

Ausgehend von dem Ziel, eine verallgemeinerbare Methodik zur Vorhersage von Gebäudeabbrüchen innerhalb verschiedener Altersgruppen zu entwickeln, ist es notwendig, ein angemessenes Komplexitätsniveau für die funktionale Form des Modells zu finden. Die Wahl des Komplexitätsgrades wird durch die Genauigkeit der Daten, aber auch durch die getroffenen Annahmen bspw. in Bezug auf den zukünftigen Verlauf einer Lebensdauerfunktion beeinflusst. Sehr komplexe Modelle passen sich dabei typischerweise sehr gut an die vorliegenden Datenpunkte an, wohingegen bei einfachen Datenmodellen regelmäßig eine einfachere Interpretierbarkeit und keine Gefahr des Overfittings gegeben ist. Um die Modelle miteinander vergleichen zu können werden eine einfache funktionale Form ohne die Integration zusätzlicher Einschränkungen gegen ein komplexeres Modell unter Einbeziehung zusätzlicher Informationen und Annahmen, getestet. Als Beispiel für ein Modell mit geringer Komplexität wurde eine lineare Funktionsform und als Modell mit höherer Komplexität die Normalverteilung herangezogen. Diese Wahl wird im Folgenden begründet.

Eine lineare Abgangsfunktion mit Trend kann als ausgewogene Wahl für die einfachen Funktionsformen angesehen werden, da sie wahrscheinlich die einfachste Art ist, Abbrüche zu beschreiben, die zu plausiblen Ergebnissen über einen begrenzten Zeitraum führt. Die noch einfacheren Annahmen eines plötzlichen Abgangs bei Erreichen der durchschnittlichen Lebensdauer oder konstanter Abgangsraten erscheinen nicht plausibel, da es offensichtlich ist, dass Vermögenswerte, insbesondere Gebäude, auch aus derselben Altersgruppe, in der Regel über einen Zeitraum und nicht konstant oder unmittelbar nach Erreichen eines bestimmten Alters abgehen. Unter einer linearen Abgangsfunktion versteht man in der Regel eine Funktion, die den gesamten Bestand in gleichen, gleichmäßig ansteigenden oder gleichmäßig abfallenden Teilen über jedes Jahr abschreibt, bis der gesamte Bestand abgeschrieben ist. Dies ergibt ein plausibles Bild in Bezug auf die Gesamtzahl der Rückbauten bis zu dem Punkt, an dem der gesamte Bestand rückgebaut wurde, passt aber nicht zu den Beobachtungen, dass sich die Rückbauten in Abhängigkeit vom Baujahr pro Jahr unregelmäßig ändern. Dennoch haben erste Auswertungen der Bauabgänge in der Bauabgangsstatistik gezeigt, dass für einen Beobachtungszeitraum von etwa 15 Jahren in der Regel ein annähernd linearer Verlauf zu erkennen ist. Die Höhe der Gebäudeabbrüche in m<sup>2</sup> Wohnfläche, *dem*, für eine bestimmte Region und Altersgruppe hängt daher in diesem einfachen linearen Modell allein von der erklärenden Variable *age*, sowie dem Parameter  $\beta_0$  für den Achsenabschnitt und dem Steigungsparameter  $\beta_1$  ab und kann ausgedrückt werden zu:

$$dem_{in} = \beta_0 + \beta_1 * age + \epsilon$$

Die nichtlineare normalverteilte Funktionsform ist, wie zuvor gezeigt, weit verbreitet, was zu einer guten Verfügbarkeit von Referenzwerten für Validierungszwecke führt. Aufgrund ihrer charakteristischen Form mit einem Maximum und einer symmetrischen Abnahme zu beiden Seiten kann die Einschränkung einer gleichen oder gleichmäßig zu- oder abnehmenden Entwicklung der Rückbauten des einfachen linearen Modells aufgehoben

---

und ein realistischeres Bild erreicht werden. Dies ergibt sich insbesondere aus der Möglichkeit hohe Gebäudeabgänge um den Zeitpunkt der durchschnittlichen Lebensdauer und einen fließenden Übergang zu niedrigen Abgängen bei sehr niedrigem und sehr hohem Alter zu simulieren. Neben einem Parameter für die durchschnittliche Lebensdauer  $\mu$  und einem Parameter  $\sigma$ , der die Varianz der Abrisse berücksichtigt, wurde zusätzlich einen Amplitudenparameter  $\alpha$  eingeführt, um die Größe des Gebäudebestands direkt einbeziehen zu können. Somit hängt das Modell vom Alter als erklärender Variable und den zuvor genannten Parametern ab und kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$dem_{bell} = \alpha \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{age-\mu}{\sigma}\right)^2} + \epsilon$$

Die Schätzung der Funktionsparameter für beide Varianten bildet den zweiten Schritt des methodischen Vorgehens. Um diese Funktionsparameter schätzen zu können, müssen die Randbedingungen integriert werden. Die Wahl des Untersuchungsgebietes stellt für beide Varianten eine Randbedingung dar und beeinflusst direkt die zu analysierenden Daten.

Eine ausreichende Datenbasis vorausgesetzt, kann das Modell im Prinzip auf jeder räumlichen Ebene angewendet werden, von Stadtteilen bis hin zu Ländern. Dennoch erscheint es sinnvoll, unterschiedliche Modelle für verschiedene Gebiete abzuleiten, insbesondere für unterschiedliche Gebietsebenen, z. B. lokal, regional oder national, da bereits gezeigt wurde, dass die Übertragung von Schätzungen von einer Ebene auf eine andere unsicher sein kann (Bergsdal et al. 2007, S. 33). Dies erscheint auch für verschiedene Regionen auf derselben Ebene plausibel, da sich verschiedene Regionen in Bezug auf die demografische Entwicklung oder die regionale Attraktivität in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden und daher unterschiedliche Anteile des Gebäudebestands eines bestimmten Baujahrs aus gebäudeexternen Gründen, wie z. B. der Wohnungsnachfrage, oder aus gebäudeinternen Gründen, wie z. B. der Gebäudequalität, die je nach Region unterschiedlich sein können, bereits abgerissen wurden. Unter Abwägung der Besonderheiten der Daten, wie der regionalen Inkonsistenz auf Landesebene zwischen verschiedenen Bundesländern und der Verzerrung durch Ausreißer in kleinräumigen Gebieten, wurde beschlossen, die Daten auf Kreisebene am Beispiel der hessischen Landkreise zu analysieren.

Aufgrund der Nichtlinearität des normalverteilten Modells ist die Schätzung der Parameter  $\alpha$ ,  $\mu$  und  $\sigma$  rechenaufwändiger als die Regression des linearen Modells und kann je nach Algorithmus und gewählten Startwerten zu inhaltlich nicht plausiblen Ergebnissen führen. Unter Ausnutzung der direkten Interpretierbarkeit der Parameter der Normalverteilung wurde ein Brute-Force-Verfahren gewählt, da dieses gegenüber anderen nichtlinearen Schätzverfahren den Vorteil bietet, dass innerhalb eines festen Rasters von plausiblen Parameterwerten alle möglichen Lösungen ausgewertet werden und somit lokale Optima nicht zu fehlerhaften Ergebnissen führen können. Auf Grund der Wahl des Brute-Force-Ansatzes müssen untere und obere Grenzen für jeden Parameter sowie eine geeignete Schrittweite für alle Parameter der Funktion unter Berücksichtigung der Plausibilität möglicher Ergebnisse bestimmt werden. Die Bestimmung unterer und oberer Grenzen ist dabei unkritisch, da bereits umfangreiche Studien existieren, die plausible Hypothesen über die durchschnittliche Lebensdauer von Gebäuden entwickelt haben und in Tab. 9 zusammengefasst sind.

Tab. 9: Durchschnittliche Lebensdauer und Varianz der Lebensdauer (eigene Darstellung basierend auf den genannten Quellen)

Gebäude	Bezugsgebiet	Durchschnittliche Lebensdauer [Jahre]	Varianz [Jahre]	Quelle
Allgemein	Norwegen	60 – 90	5	(Bergsdal et al. 2007, S. 36)
Wohngebäude	Niederlande	60 – 120	20	(Müller 2006, S. 138)
Wohngebäude	Norwegen	75 – 125	18,75 – 31,25	(Sartori et al. 2008, S. 415)
Wohngebäude	Peking	25 – 100	5 – 20	(Tang et al. 2021, S. 5)
Wohngebäude	Norwegen	94 – 156	n/a	(Sandberg et al. 2014, S. 139)

Aus der Übersicht der durchschnittlichen Lebensdauer und der Varianz werden die Grenzen für das abzusuchende Raster abgeleitet, indem an den unteren Grenzen abgerundet und an den oberen Grenzen aufgerundet wird, da die Randbedingungen lediglich grundlegend unplausible Werte ausschließen sollen.

Indem nur die Funktionsform und die Wertebereiche für die zu schätzenden Parameter angegeben werden, müssen bei der Schätzung des nichtlinearen Modells keine spezifischen Annahmen z. B. über die mittlere Lebensdauer getroffen werden. Dies ist ein Gegensatz zu anderen Studien, die regelmäßig Werte für durchschnittliche Lebensdauern annehmen, ohne diese argumentativ weiter zu begründen. Daraus ergibt sich, dass der grundsätzlich mit Unsicherheit behaftete Lebenszeitparameter (Bergsdal et al. 2007, S. 37) selbst datenbasiert bestimmt wird und somit zusätzliche Unsicherheiten durch individuelle Annahmen möglicherweise reduziert werden können.

Neben  $\mu$  und  $\sigma$  ist der Amplitudenparameter  $\alpha$  notwendig, um anstelle einer Wahrscheinlichkeitsverteilung die Größe des Gebäudebestandes integrieren zu können. Die Form der Verteilung soll durch  $\alpha$  jedoch nicht beeinflusst werden, da der Gebäudebestand im Weiteren durch eine Nebenbedingung integriert wird. Daraus ergibt sich, dass der zulässige Wertebereich für  $\alpha$  entsprechend weit gefasst werden muss. Die integrierte Nebenbedingung bezieht ergänzend Zensus-Informationen über den vorhandenen Gebäudebestand mit ein. Idealerweise kann angenommen werden, dass der stichtagsbezogene Gebäudebestand ab diesem Stichtag in der Zukunft vollständig rückgebaut wird und alle Rückbauten erfasst werden. In einem solchen Szenario muss zum gleichen Zeitpunkt das Integral der geschätzten Abgangsfunktion identisch dem Gebäudebestand sein:

$$\int_t^{\infty} \alpha \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{age-\mu}{\sigma}\right)^2} dage = \text{Zensusaltersklassengebäudebestand}$$

mit  $t = \text{flächengewichtetes Durchschnittsalter der Altersklasse zum Zensusstichtag}$

Aufgrund des bereits genannten unvollkommenen Datenerhebungsprozesses der Bauabgangsstatistik sowie weiteren Einschränkungen in Bezug auf die tatsächlich anfallenden Bauabgänge können die Zensusdaten, die im Gegensatz zu den Abrissdaten auf einer vollständigen Erhebung beruhen, nur eine Obergrenze darstellen und nicht dem Integral der Abrissfunktion entsprechen. Zu den Einschränkungen zählen bspw. Gebäude, die auf Grund einer Denkmalschutzeigenschaft planmäßig nicht zurück gebaut werden oder Gebäude die auf Grund einer Nutzungsänderung vor ihrem Rückbau aus der Erfassung des nutzungsspezifischen Gebäudeabgangs fallen. Dies steht im Einklang mit Untersuchungen von Iwanow et al. (2014, S. 24), die feststellen, dass die statistische Erfassung von Rückbauten unter den erwarteten Rückbauten liegt. Daher wird ein Untererfassungsfaktor eingeführt, der ebenfalls geschätzt wird. Um den Bereich dieses Untererfassungsfaktors festzulegen, werden verschiedene Bereiche ausgewertet und zeigen ein lokales Minimum für den mittleren quadratischen Vorhersagefehler (MSPE) im Bereich von 1 bis 5. Dies erscheint plausibel, da es in einer ähnlichen Dimension liegt wie



die von Henger et al. (2015, S. 6) erwähnte geschätzte Untererfassung. Die Schätzung dieses Untererfassungsfaktors kann umgekehrt dazu verwendet werden, die Daten der Bauabgangsstatistik für realistischere Schätzungen der tatsächlichen Bauabgänge anzupassen. Alle Randbedingungen sind in Tab. 10 zusammengefasst.

Tab. 10: Randbedingungen der nichtlinearen Brute-Force-Schätzung (eigene Darstellung)

Parameter / Faktor	Untere Grenze	Obere Grenze	Schrittweite
$\mu$	20	160	1
$\sigma$	5	40	1
$\alpha$	100,000	5,000,000	10,000
Untererfassung	1	5	stetig

Abschließend können die verschiedenen Modelle hinsichtlich ihrer Vorhersageleistung für die 26 hessischen Landkreise und jede Altersgruppe bewertet werden. Wie in der Beschreibung der Bauabgangsdaten dargestellt, bestehen die Daten jeder Altersklasse/Kreis-Kombination aus maximal 16 Datenpunkten nach Ausreißerbereinigung in Abhängigkeit von der Anzahl der Ausreißer. Diese Daten werden in einen Teil für die Parameterschätzung und einen Teil für die Bewertung des Modells aufgeteilt, um sicherzustellen, dass Vorhersageergebnisse erzielt werden, deren Qualitätsvorteil gegenüber den anderen nicht auf Overfitting bei einem der Modelle zurückzuführen ist.

Zur Messung der Vorhersageleistung der einzelnen Modelle in der Bewertungsstichprobe wird der MSPE als allgemeines Maß für die Qualität eines Schätzers verwendet. Anschließend wird der MSPE jedes normalverteilten Modells mit dem MSPE jedes linearen Modells verglichen, um die Qualität jedes Schätzers bei mehreren Kombinationen von Altersgruppen und Landkreisen zu vergleichen.

Vergleicht man die MSPEs, so sind die Ergebnisse nicht eindeutig. Insgesamt ergab die Schätzung mit dem normalverteilten Modell bei 55 Kombinationen von Altersklassen und Kreisen einen niedrigeren MSPE als mit dem linearen Modell, umgekehrt schnitt das lineare Modell in 75 Fällen besser ab. Tab. 11 zeigt eine detaillierte Zusammenfassung der Ergebnisse der nach Altersgruppen gegliederten Vergleiche.

Tab. 11: MSPE Vergleich nichtlinear/linear (eigene Darstellung)

Altersklasse	Anzahl überlegene nichtlineare Modelle	Anzahl überlegene lineare Modelle
1901 - 1918	11	15
1919 - 1948	13	13
1949 - 1962	13	13
1963 - 1970	11	15
1971 - 1980	7	19
<b>Summe</b>	<b>55</b>	<b>75</b>

Die Schätzungen der verschiedenen Modelle für jede Kombination von Altersgruppe und Landkreis können grundsätzlich durch ihre geschätzten, funktionalen Parameter beschrieben werden. Auf Grund der Nutzungseinschränkung der Bauabgangsstatistik werden im Folgenden statt der zu Kreisen zugeordneten Parameterwerte exemplarische Gegenüberstellungen des linearen und des normalverteilten Modells in einer Detail- und Übersichtsdarstellung aufgezeigt.

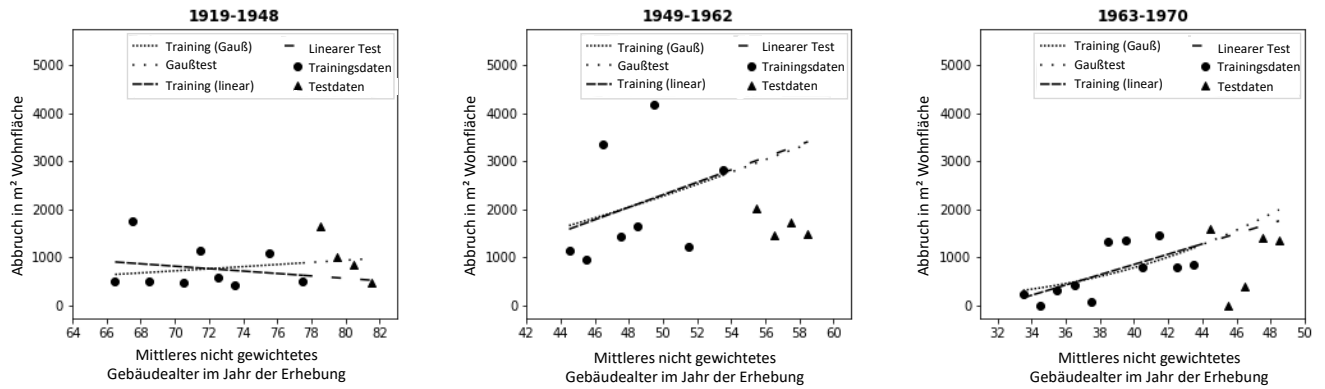


Abb. 36: Detaildarstellung Vorhersagemodelle (eigene Darstellung)

Die Detaildarstellung in Abb. 36 zeigt, dass sowohl das lineare wie auch das nichtlineare Modell grundsätzlich eine gute Anpassung an die Trainingsdaten zeigen und ähnliche Verläufe aufweisen. Die Aussagekraft der Einzelmodelle hängt jedoch stark von den individuellen Verläufen ab und kurzfristig erhebliche Änderungen im Verlauf können nicht vorhergesagt werden. Die Übersichtsdarstellung in Abb. 37 zeigt hingegen das typische Problem der linearen Modelle im langfristigen Vergleich auf, dass über große Zeiträume gesehen unrealistische Verläufe des Bauabgangs geschätzt werden.

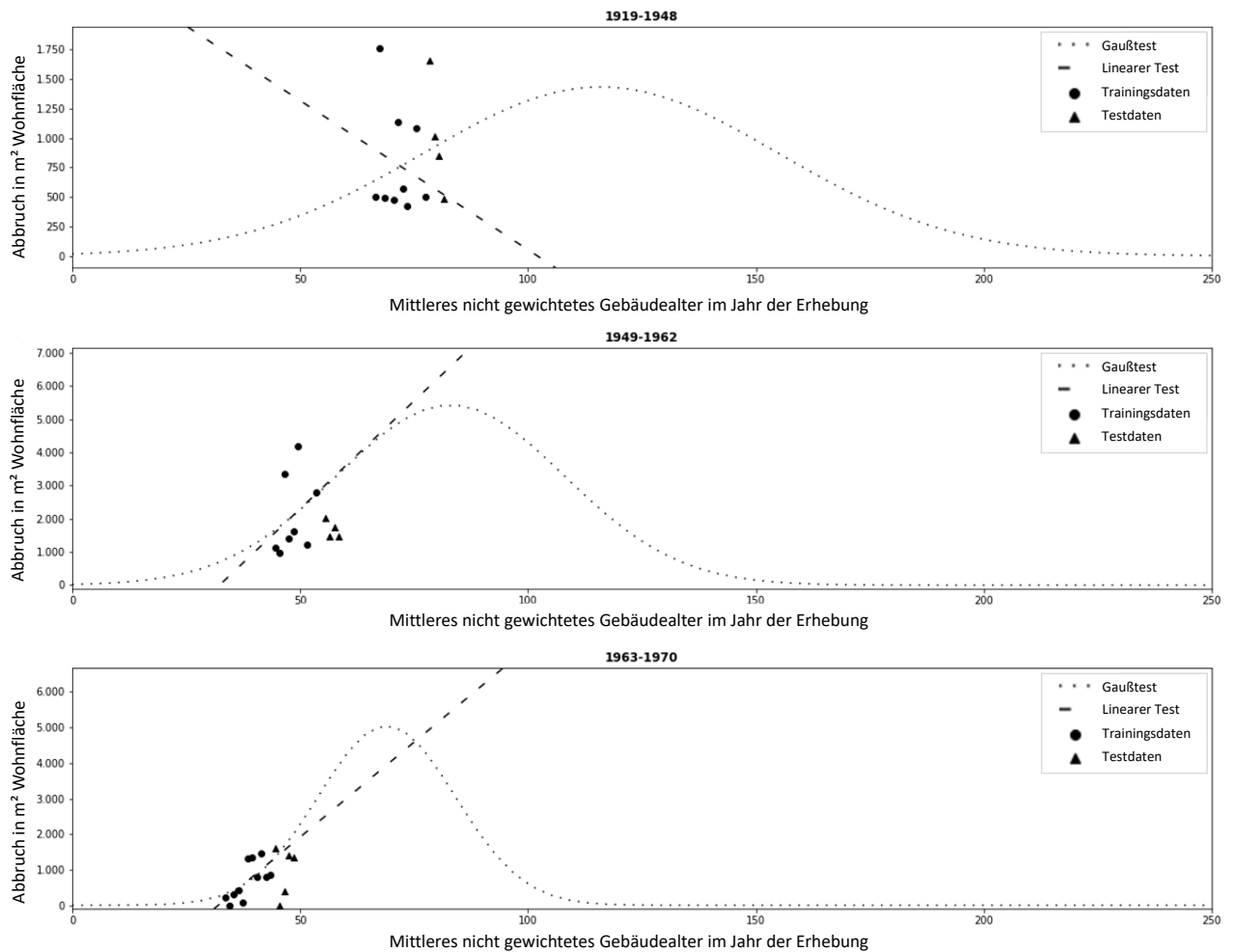


Abb. 37: Übersichtsdarstellung Prognosemodelle (eigene Darstellung)

Die Bauabgangsanalysen zeigen, dass die unterschiedlichen Modelle zur Schätzung des Bauabgangs sich unterscheidende Vor- und Nachteile aufweisen. Die Wahl des Modells sollte demnach vom Anwendungszweck der Schätzung abhängig gemacht werden. Für mittelfristige Schätzungen scheint die Verwendung eines linearen Modells mit Steigungsparameter im Regelfall ausreichend zu sein. Für kurzfristige Schätzungen und insbesondere bei nur kurz in die Vergangenheit zurückreichenden Informationen zum Bauabgang kann im Einzelfall auch eine Schätzung ohne Steigungsparameter, also eine einfache Mittelwertbildung ausreichend sein. Je längerfristig die Betrachtungsweise desto realistischer ist die nichtlineare Schätzung insbesondere unter Berücksichtigung der Integration der Bestandsnebenbedingung unter Berücksichtigung der Zensusdaten. Da die Geschäftsmodellentwicklung von vielen unsicheren Variablen beeinflusst wird, ist eine kurz- bis mittelfristige Betrachtung ausreichend, da eine langfristige Betrachtung Prognosegenauigkeiten vorgibt, die nicht erreicht werden können. Abschließend müssen die Angaben der Bauabgangsstatistik, die auf die Wohnfläche bezogen sind, auf die Bauteilanzahl bezogen werden. Dazu wurden umfassende Erhebungen durchgeführt, die in Kapitel 4.1 und 4.2 detailliert beschrieben sind. Basierend auf diesen Erhebungen konnten flächenbezogenen Materialkoeffizienten abgeleitet werden, die die Bauteilanzahl auf die Wohnfläche beziehen. Diese flächenbezogenen Materialkoeffizienten zur Ermittlung des Bauteilepotenzial können Anhang 4 und 11 entnommen werden.

In Verbindung mit den für den Tragfähigkeitskalkulator ermittelten Bauteilvergleichspreisen, können diese Bauteile in potenzielle Umsätze umgerechnet werden und es ergibt sich ein regionen- und altersklassenspezifischer Potenzialumsatz. Dieser Potenzialumsatz ist mit mehreren Einschränkungen verbunden. Die Kennwerte sind stichtagsbezogen und insbesondere die abgeleiteten Preise können sich in Zeiten hoher Inflation kurzfristig stark verändern. Darüber hinaus handelt es sich unter Berücksichtigung des Untererfassungsfaktors bei dem Potenzialumsatz um eine absolute Obergrenze, die daher nicht für konkrete Kalkulationen verwendet werden sollte, sondern als Orientierungswert für die grundsätzliche Größenordnung eines potenziellen Geschäftsmodells dienen sollte. Der Bauteilpotenzialumsatz aller betrachteten Altersklassen (AK) in Euro für die betrachteten Regionen (R) ergibt sich dann mit den entsprechenden Bauabgängen (Bag) aus den aus der Bauabgangsstatistik abgeleiteten Schätzungen, dem Faktor zur Umrechnung der Bauabgänge in Flächen in Bauabgänge in Bauteilen (Fbt) sowie dem Preis für die Bauteile (P) zu:

$$\sum^{AK,R} Bag_R^{AK} * Fbt_R^{AK} * P_R^{AK} = Bauteilpotenzialumsatz$$

#### 4.4.2.2 Entwickelte und erprobte Vorgehensweise zur Abschätzung des Flächenbedarfs sowie der möglichen Reduzierung für die Deponierung von Baumaterialien

Neben der im voranstehenden Abschnitt analysierten Bauteilverfügbarkeit sind für die Einführung eines Geschäftsmodells insbesondere die sich daraus ergebenden positiven Externalitäten relevant. Diese positiven Externalitäten umfassen insbesondere mögliche Flächeneinsparungen sowohl für die Deponierung als auch für die Gewinnung von Baumaterialien. Insbesondere Flächeneinsparungen in relevanter Größenordnung können dazu beitragen, die Förderung von nicht selbstständig tragfähigen Geschäftsmodellalternativen zu erwägen, weshalb im Folgenden zunächst eine Methode zur Abschätzung des Flächenbedarfs für die Deponierung von Baumaterialien erfolgt und anschließend eine Vorgehensweise zur Abschätzung des Flächenbedarfs und der möglichen Reduzierung für die Gewinnung von selbigen.

Im Hinblick auf die Deponierung folgt zunächst eine Definition der betrachteten mineralischen Bauabfälle und deren untersuchten Mengenströme, gefolgt von einer Ermittlung der Anlagen zur Deponierung, der Bestimmung und Visualisierung des Flächenbedarfs der einzelnen Anlagen sowie der Bestimmung von Entsorgungsmenge und -art der pro Forschungsregion anfallenden mineralischen Bauabfälle. Anschließend wird die pro Anlage verwertete Abfallmenge mit deren Flächenbedarf verknüpft.

## 1. Definition der betrachteten mineralischen Bauabfälle und deren untersuchten Mengenströme

Aus dem Merkblatt ‚Entsorgung von Bauabfällen‘: „Alle Bauabfälle sind ordnungsgemäß nach den rechtlichen Vorschriften und schadlos ohne Beeinträchtigung des Allgemeinwohls und insbesondere ohne Schadstoffanreicherungen im Wertstoffkreislauf zu verwerten oder, wenn eine Verwertung nicht möglich ist, allgemeinwohlverträglich zu beseitigen (siehe § 7 KrWG). Bauabfälle zur Verwertung sind Abfälle, aus denen Rohstoffe zurückgewonnen werden können (z. B. Armierungsstahl), die aufgrund ihrer Eigenschaften für bestimmte Zwecke einsetzbar sind (z. B. aufbereiteter Bauschutt als Tragschicht für Oberflächenbefestigungen) oder deren Energieinhalt genutzt werden kann (z. B. Altholzverbrennung in Biomassekraftwerken). Bauabfälle zur Beseitigung sind Abfälle, die nicht verwertet werden können und z. B. auf einer Deponie abgelagert werden müssen. Als nicht gefährlich eingestufte Bauabfälle aus privaten Haushalten sind im Falle einer Beseitigung gemäß § 17 Abs. 1 KrWG dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (Landkreise, kreisfreie Städte) zu überlassen.“ (RP Darmstadt 2018).

Die betrachteten mineralischen Bauabfälle sind Erdaushub bzw. Bodenmaterial und Bauschutt, die durch das Regierungspräsidium (RP) Darmstadt wie folgt beschrieben sind:

**Bodenmaterial:** „gemäß § 2 Nr. 1 Bundes-Bodenschutz-Verordnung ist Bodenmaterial definiert als Material aus Böden und deren Ausgangssubstraten (z. B. Lehm, Sand, Kies, Steine) einschließlich Mutterboden, das im Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben, abgeschoben oder behandelt wird. [...] Bodenmaterial kann – bedingt durch seine Herkunft oder Vorgeschichte - mit sehr unterschiedlichen Stoffen belastet sein. [...] Bei Bodenmaterial, das nicht als gefährlich gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung [AVV] eingestuft ist, ist die Abfallbehörde – auch wenn Schadstoffe in geringerem Umfang nachgewiesen werden – in der Regel nicht beteiligt. Als Abfallerzeuger hat der Bauherr, der Sanierungspflichtige oder der Bauunternehmer jedoch in eigener Verantwortung dafür Sorge zu tragen, dass das Bodenmaterial ordnungsgemäß und schadlos in einer zugelassenen Anlage bzw. Einbaumaßnahme verwertet wird.“ (RP Darmstadt 2018)

**Bauschutt:** „Bauschutt aus Abbruchmaßnahmen kann, bedingt durch die frühere Verwendung schadstoffhaltiger Baumaterialien oder die gewerbliche bzw. industrielle Nutzung der abgebrochenen Gebäude, mit sehr unterschiedlichen Stoffen belastet sein. [...] Bei Bauschutt, der nicht als gefährlich gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung eingestuft ist, ist die Abfallbehörde – auch wenn Schadstoffe in geringerem Umfang nachgewiesen werden – in der Regel nicht beteiligt. [...]“ (RP Darmstadt 2018)

Der Begriff Deponierung beschreibt in der Abfallwirtschaft die Beseitigung von Abfällen in Form von deren (nutzlosen) Endlagerung zwecks dauerhafter Entledigung. Im Folgenden wird die Betrachtung auch um diejenigen mineralischen Bauabfälle erweitert, die vor dem Hintergrund einer späteren Wiederverwendung (‚Wiederverwendung Baumaterialien innovativ‘) auf entsprechenden Anlagen gesammelt, zwischengelagert, vorbereitet, sortiert, recycelt oder andererseits aufbereitet und verwertet werden. Die Deponierung wird somit auch um die zu diesem Zwecke vorübergehende Lagerung (neben der endgültigen Ablagerung zur Beseitigung) erweitert betrachtet. (RP Darmstadt 2018)

Dabei soll bzw. kann im Folgenden aufgrund der Komplexität der Stoff- und Mengenströme nur derjenige Bodenaushub und Bauschutt betrachtet werden, der zwecks endgültiger Deponierung oder späterer Weiterverwendung auch tatsächlich auf Lager-, und Behandlungsstellen innerhalb der Forschungsregion untergebracht ist. Somit werden jeglicher Bodenaushub und Bauschutt, die zwar in der Forschungsregion anfallen, aber weiterführend außerhalb deponiert, abgelagert, behandelt oder sortiert werden, nicht berücksichtigt. Dahingegen werden umgekehrt Entsorgungsmengen und -wege von außerhalb auf Anlagen innerhalb der Forschungsregion implizit berücksichtigt, indem all diese Entsorgungs- bzw. Deponieflächen Teil der Betrachtung sind. Es wird

vereinfacht von einem Ausgleich der Ströme in die Forschungsregion hinein und derjenigen aus ihr hinaus ausgegangen.

Allerdings weisen die Forschungsregionen in Bezug auf die endgültige Deponierung zwecks Beseitigung folgende Besonderheiten auf, die im Weiteren auch eine gesonderte Betrachtung notwendig machen: Zum einen findet reine Deponierung ausschließlich auf außerhalb liegenden Flächen bzw. Deponien statt (siehe Punkt 2) und zum anderen wird nur zu verhältnismäßig sehr geringen Mengen deponiert, da in den Forschungsregionen eine hohe weiterführende Nutzung der mineralischen Bauabfälle (v. a. Recycling) angestrebt wird (siehe Punkt 3).

## 2. Ermittlung der Anlagen zur Deponierung

Grundsätzlich sind die gewerblichen Erzeuger und Besitzer von Abfällen nach dem Verursacherprinzip selbst für die Entsorgung ihrer Abfälle verantwortlich (private Entsorgungswirtschaft). Demgegenüber stehen die öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (öRE). Im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und des Abfallgesetzes sind dies die Stadt- und Landkreise. Die Landkreise übertragen dabei die Entsorgung der Abfälle auf die einzelnen Gemeinden. So auch die Entsorgung des im Folgenden betrachteten Bodenaushubs, Bauschutts und Straßenaufbruchs. Die öRE können darüber hinaus Dritte (z. B. private Firmen) für die Entsorgung beauftragen, bleiben für diese aber verantwortlich. Die im Weiteren herangezogenen Abfallwirtschaftskonzepte der Stadt Darmstadt (StDa) und des Landkreises Darmstadt-Dieburg (LaDaDi) führen jegliche Entsorgungsanlagen des jeweiligen öRE. Größere Mengen an Bauschutt und Erdaushub werden in der Forschungsregion derzeit über private Anbieter entsorgt, kleinere über Sammelstellen von ZAW und EAD (vgl. TP 4).

### Abfallwirtschaftskonzept 2018 für den Landkreis Darmstadt-Dieburg (LaDaDi)

Seit 1999 wird ein Sammelsystem für Bauabfälle (aus privaten Haushalten) über Container auf den Sammelstellen – konkret Bau-, Wertstoff- und Recyclinghöfe der Kommunen – angeboten. „Die Bauabfallsammelstellen des Landkreises Darmstadt-Dieburg sind eingerichtet worden, damit Kleinmengen an Renovierungs- und Bauabfällen aus dem privaten Bereich ortsnah entsorgt werden können.“ (Da-Di-Werk 2018) Es handelt sich dabei um ein Bringsystem bestehend aus Containern auf den Wertstoffhöfen. Insgesamt existieren 15 solcher Bauabfall- und Wertstoffsammelstellen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (siehe Abb. 38).

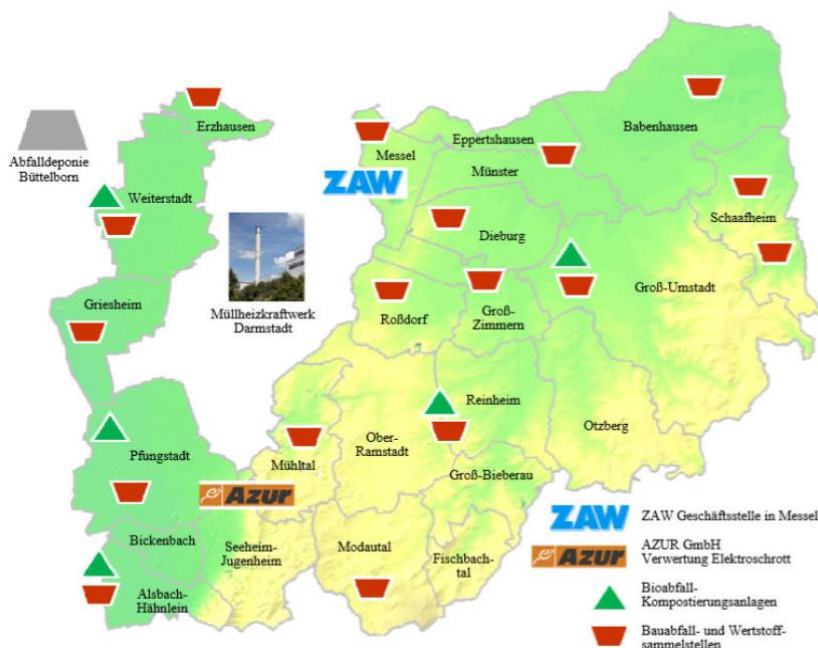


Abb. 38: Bauabfall- und Wertstoffsammelstellen (Da-Di-Werk 2018)

---

Betreiber sind – wie oben beschrieben – zumeist die Kommunen, z. T. aber auch deren beauftragte private Entsorger, und bei den Recyclinghöfen Weiterstadt und Groß-Umstadt Semd das Da-Di-Werk. Zusätzlich besteht die Bauschuttzubereitungsanlage der Südhessischen Wertstoffrückgewinnungs-GmbH Messel (SHW), über die die größten Mengen an mineralischen Bauabfällen in den Untersuchungsregionen entsorgt werden (siehe Punkt 4). Auch wird über das Müllheizkraftwerk Darmstadt (kurz MHKW; Baumischabfälle; falls brennbar), sowie die Kreismülldeponie Büttelborn (z. B. Mineralwolle und Asbest) entsorgt, die eine Sonderstellung einnehmen und im Folgenden differenziert betrachtet werden müssen. Die Verbrennung (und damit energetische Verwertung) im Müllheizkraftwerk ermöglicht weder eine nachträgliche Wiederverwendung der Bauabfälle, noch handelt es sich um eine Beseitigung auf einer Deponie mit konkretem Flächenbedarf und kann damit unberücksichtigt bleiben.

Die Deponie in Büttelborn dagegen liegt zwar nicht im Untersuchungsgebiet, stellt jedoch die einzige klassische Ablagerungsstätte für die in den Forschungsregionen anfallenden und nicht weiter verwertbaren (mineralischen) Bauabfälle dar und bedarf daher einer gesonderten Betrachtung.

### **Abfallwirtschaftskonzept 2018 für die Wissenschaftsstadt Darmstadt (StDa):**

In Darmstadt ist vor allem die Darmstädter Recycling Zentrum (DRZ) GmbH – auch Recyclinghof genannt – mit zwei Standorten (Umladestation und Sortieranlage) die zentrale Bauabfall-Sammelstelle. Das DRZ ist ein Gemeinschaftsunternehmen des EAD mit der Meinhardt Städtereinigungs-GmbH. Es handelt sich um eine Sortier- und Umladeanlage sowie um ein Zwischenlager für verschiedene Abfälle, wie u. a. Bauabfälle und Bauschutt. Der Recyclinghof steht damit für die Entsorgung von eben solchem Baustellenabfall und Bauschutt im Bringsystem zur Verfügung (EAD 2018). Neben dem Recyclinghof besteht im Stadtgebiet Darmstadt eine weitere Sortier- bzw. Umlade- und Zwischenlager-Anlage – die der Remondis GmbH & Co. KG in der Landwehrstraße. Der Abfall-Erhebungsbogen der Stadt Darmstadt von 2018 führt darüber hinaus die folgenden drei privaten Entsorger: Recyclinganlage der TSR Recycling GmbH & Co. KG, Kunststoffgroßhandel der Schmeißer GmbH & Co. KG, sowie erneut die SHW in Messel. Weitere Entsorger, die ebenfalls aus dem Abfallwirtschaftskonzept hervorgehen, liegen nicht im Stadtgebiet und finden daher keine Berücksichtigung. Der dort mengenmäßig entsorgte mineralische Bauabfall der Forschungsregion ist verhältnismäßig nur sehr gering (0,3 % – siehe Punkt 4), was die nicht-Berücksichtigung dieser externen Anlagen und deren Flächen legitimiert – der Fokus der Untersuchung kann somit vereinfacht auf die internen Anlagen gelegt werden, ohne das Ergebnis wesentlich zu beeinflussen. Bzgl. der klassischen Deponierung ist auch für die Forschungsregion Wissenschaftsstadt Darmstadt nur die Deponie der Abfall-Wirtschafts-Service (kurz AWS) GmbH in Büttelborn relevant und erfährt daher im Folgenden eine gesonderte Betrachtung trotz Lage außerhalb der Forschungsregion.

Jegliche nicht aus den Abfallwirtschaftskonzepten ersichtliche private Entsorgungsunternehmen und deren Flächen finden keine Berücksichtigung. Da – im Gegensatz zu den örE – keine zusammenfassenden Informationen über sie vorliegen, ist deren Recherche zu umfangreich, um fundierte Ergebnisse in Form von Flächeninanspruchnahmen in den Forschungsregionen erhalten zu können. Wie hoch deren tatsächlicher Anteil an der anfallenden bzw. entsorgten mineralischen Bauabfallmenge in den Forschungsregionen und damit auch am dortigen Flächenbedarf ist, kann nicht festgestellt werden. Im Folgenden werden daher nur die Anlagen der örE und deren bekannten, beauftragten privaten Dritten betrachtet.

### **3. Bestimmung und Visualisierung des Flächenbedarfs der einzelnen Anlagen (mit Hilfe von Luftbildern und Katasterinformationen) per GIS**

Aufbauend auf der vorangegangenen Ermittlung der Anlagen zur Entsorgung mineralischer Bauabfälle und deren Standorte in den Forschungsregionen wurde weiterführend deren jeweiliger Flächenbedarf per GIS bestimmt. Hierzu wurden vorab sämtliche Anlagenstandorte mit Hilfe der GIS-Software ArcMap als Punkt-Feature visualisiert. Um deren jeweils umfassende Entsorgungsfläche im GIS ermitteln zu können waren Informationen

in Form von Luftbildern und Katasterdaten notwendig. Hierzu stellt die Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation im Geoportal Hessen Karten und Luftbilder frei zur Verfügung, die als WebMap-Service-Server-Daten (WMS) in ArcMap als Karten-Layer hinzugefügt werden können. Auf Basis der Liegenschaftskarte und Digitaler Orthophotos (DOP) der Forschungsregionen und mit Unterstützung von OpenStreet-Map-Daten konnten die einzelnen Entsorgungsflächen im GIS als Flächen-Feature digitalisiert werden, woraus implizit die jeweilige Fläche des Features bzw. der Anlage ermittelt wurde. Das Ergebnis – die insgesamt 21 digitalisierten Anlagen der Forschungsregionen – ist im Folgenden in Abb. 39 und Tab. 12 dargestellt.

### Entsorgungsanlagen - mineralischer Bauabfall

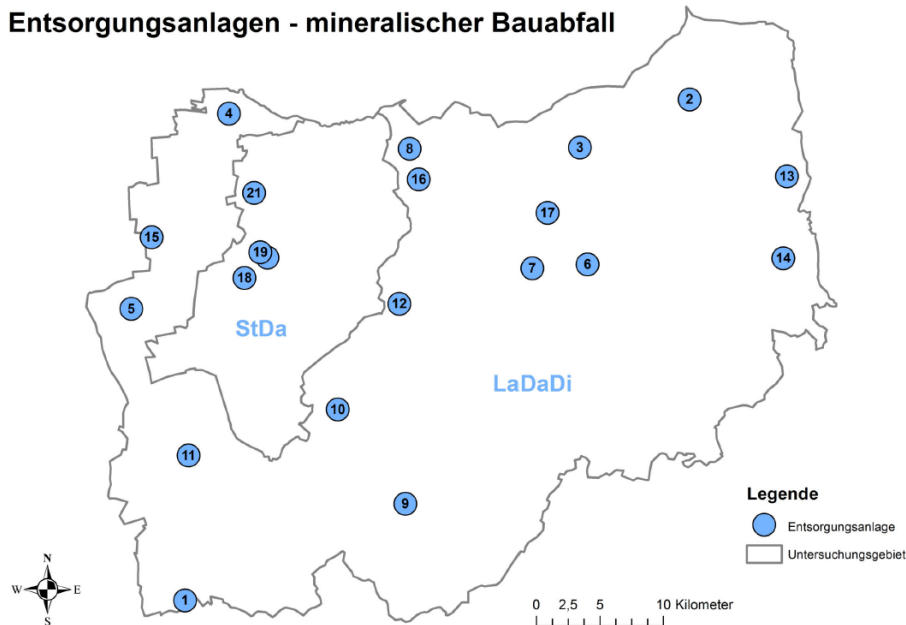


Abb. 39: Entsorgungsanlagen für mineralische Bauabfälle (eigene Darstellung)

Tab. 12: Bezeichnung, Standort und Gebiet der Entsorgungsanlagen in Darmstadt und im LaDaDi (eigene Darstellung)

Bezeichnung	Standort	Gebiet
1. Wertstoffsammelstelle Alsbach-Hähnlein	Nähe Kompostierungsanlage, An der Quellache, 64665 Alsbach-Hähnlein	LaDaDi
2. Recyclinghof Babenhausen, Bauhof Babenhausen	Einfahrt über Kornfurter Weg, Langenbrücker Weg 6, 64832 Babenhausen	LaDaDi
3. Bauabfallsammelstelle Münster, Münster Deponiegebiete	Zwischen Münster und Eppertshausen, Münster	LaDaDi
4. Recyclinghof Erzhausen, Bauhof Erzhausen	Hauptstraße 101, 64390 Erzhausen	LaDaDi
5. Wertstoffsammelstelle Griesheim, Bauhof Griesheim	Raiffeisenstraße 13, 64347 Griesheim	LaDaDi
6. Wertstoffhof Groß-Umstadt, Semd	Außerhalb Dieburger Str. (an der B45), 64823 Groß-Umstadt/Semd	LaDaDi
7. Wertstoffhof Groß-Zimmern, Bauhof an der Kläranlage	Dieburger Straße 133, 64846 Groß-Zimmern	LaDaDi
8. Wertstoffhof Messel, neuer Bauhof	Dieburger Weg 16, 64409 Messel	LaDaDi

Tab. 14: Fortsetzung – Bezeichnung, Standort und Gebiet der Entsorgungsanlagen in Darmstadt und im LaDaDi (eigene Darstellung)

Bezeichnung	Standort	Gebiet
9. Recyclinghof Modautal Ernsthofen	Kläranlage an der L 3099 in Richtung Modau, Ernsthofen	LaDaDi
10. Bauhof/Betriebshof Mühlthal Nieder-Ramstadt	Nieder-Beerbacher Straße 13-17, 64367 Mühlthal	LaDaDi
11. Wertstoffhof Pfungstadt, Betriebshof Gärtner, am Klärwerk	Breitwieserweg 8 64319 Pfungstadt	LaDaDi
12. Wertstoffhof Roßdorf, Entsorgungsfachbetrieb Rene Korb	Industriestraße 28, 64380 Roßdorf	LaDaDi
13. Recyclinghof Schaafheim	Industriegebiet Ost, Eichenweg, 64850 Schaafheim	LaDaDi
14. Recyclinghof Radheim	Klein-Umstädter Straße, 64850 Radheim	LaDaDi
15. Recyclinghof Weiterstadt	Vor den Löserbecken, 64331 Weiterstadt	LaDaDi
16. Bauschuttzubereitungsanlage, Süd Hess. Wertstoffrückgewinnungs-GmbH SHW, Messel	Am Bahnhof 14, 64409 Messel	LaDaDi
17. Kunststoffgroßhandel, Schmeißer GmbH & Co. KG	Am Bauhof 13-15, 64807 Dieburg	StDa
18. Sortieranlage, Remondis GmbH & Co. KG	Landwehrstr. 88, 64293 Darmstadt	StDa
19. Recyclinganlage, TSR Recycling GmbH & Co. KG, Darmstadt	Otto-Röhm-Str. 57, 64293 Darmstadt	StDa
20. Recyclinghof, Wissenschaftsstadt Darmstadt / EAD	Sensfelderweg 33, 64293 Darmstadt	StDa
21. Sortier-, Umlade- und Zwischenanlager-Anlage, DRZ GmbH	Röntgenstr. 12, 64291 Darmstadt	StDa

Das ursprünglich geplante Vorhaben bestand darin, nur die auf den Anlagen befindlichen einzelnen Container und Halden mineralischen Bauabfalls zu digitalisieren (Fläche) und diese mit der entsprechenden Höhe des Containers bzw. der Halde zu multiplizieren (Volumen), um ein Abfallvolumen bzw. eine mit der Entsorgungsfläche im Verhältnis stehende, konkrete Abfallmenge zu schätzen. Da Orthophotos jedoch nicht in entsprechender Auflösung vorliegen, einige Anlagen über geschlossene und damit auf Luftbildern nicht ersichtliche Lagerstätten verfügen und die in den Containern und auf den Halden befindlichen Abfallmengen sich stetig ändern, was auf einem einmaligen Luftbild nicht festgehalten werden kann, wurde von diesem ursprünglichen Vorhaben abgesehen. Stattdessen wurde die Flächeninanspruchnahme anders definiert: Nicht nur die einzelnen Container und Halden einer Anlage stellen die zur Deponierung verwendete Fläche dar, sondern die gesamte Anlage in ihrem kompletten Ausmaß umfasst die hierfür benötigte Fläche. Da es sich jeweils um Anlagen handelt, die hauptsächlich der Entsorgung mineralischer Bauabfälle dienen, steht deren Flächenbedarf auch mit dieser Entsorgungsmenge in Verbindung. Entsprechend dieser Definition wurden die Anlagenflächen – v. a. mit Hilfe von Katasterinformationen – jeweils als Ganzes digitalisiert. Dies ist im Folgenden beispielhaft an der Flächeninanspruchnahme der SHW GmbH in Messel dargestellt (siehe Abb. 40).





Abb. 40: Entsorgungsanlage - SHW Messel (eigene Darstellung)

Um die Flächeninanspruchnahme weiterhin mit einer jeweils konkreten Abfallmenge zu verknüpfen, wurden diese Mengen im Folgenden aus den Abfall-Erhebungsformularen der Forschungsregionen, die vom ZAW bzw. EAD zur Verfügung gestellt wurden, ermittelt (siehe Punkt 4) und mit der jeweiligen Fläche in Bezug gesetzt (siehe Punkt 5).

#### 4. Bestimmung von Entsorgungsmenge und -art der pro Forschungsregion anfallenden mineralischen Bauabfälle (aus v. a. den Abfall-Erhebungsformularen)

Die Abfall-Erhebungsbögen der Wissenschaftsstadt Darmstadt und des Landkreises Darmstadt-Dieburg verfügen über die auf den jeweiligen Entsorgungsanlagen eingesammelten bzw. erfassten Abfallmengen der Forschungsregionen. In Tabelle Tab. 13 bis Tab. 15 werden die entsorgten Abfälle (Zeilen) des jeweiligen öffentlichen Entsorgungsträgers (öRE) kategorisiert eingetragen und zwischen unterschiedlichen Entsorgungswegen (Spalten) unterschieden. Gekennzeichnet sind die Abfallarten durch den sog. Abfallschlüssel, eine sechsstellige Kennzahl der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV). Konkret wird Bodenaushub vom Typ AVV 1705xx und 200202, sowie darüber hinaus Bauschutt vom Typ AVV 17xxxx ohne 1705xx und 1709xx betrachtet. Bodenaushub und Bauschutt werden dabei entweder zwischengelagert, abgelagert (beseitigt), recycelt oder verfüllt (sonstig verwertet). Die entsprechenden Entsorgungsanlagen sind die zuvor gelisteten (vgl. Punkt 2) und visualisierten (vgl. Punkt 3) Anlagen. Recycling überwiegt hierbei mengenmäßig. Die entsorgten Abfallmengen sind jeweils in Tonnen angegeben. Inwieweit diese Dominanz des Recyclings sich auf die Flächennutzung auswirkt, wird unter (siehe Punkt 5) ausgewertet. Für Darmstadt-Dieburg und Darmstadt ergeben sich für das Jahr 2018 bzw. 2016 folgende Gesamtübersichten (siehe Tab. 13 bis Tab. 15).

Tab. 13: Gesamtübersicht 2016 – öRE Stadt Darmstadt (eigene Darstellung)

Abfallart	Eingesammelte/ Erfasste Menge insgesamt	Entsorgung					zwischen- gelagert
		verwertet			beseitigt	abgelagert	
		Recycling	Sonstige Verwertung				
			energetisch (MHKW)	andere Ver- wertung, z. B. Verfü- lung			
in Tonnen							
	01	02	03a	04	07	08	
Bodenaushub	763,05	693,72	0,00	69,33	0,00	0,00	
Bauschutt	8.050,13	7.945,83	0,00	0,00	88,28	16,02	

Tab. 14: Gesamtübersicht 2018 – öRE Stadt Darmstadt (eigene Darstellung)

Abfallart	Eingesammelte/ Erfasste Menge insge- samt	Entsorgung					zwischen- gelagert
		verwertet			beseitigt	abgelagert	
		Recycling	Sonstige Verwertung				
			energetisch (MHKW)	andere Ver- wertung, z. B. Verfü- lung			
in Tonnen							
	01	02	03a	04	07	08	
Bodenaushub	713,86	713,86	0,00	0,00	0,00	0,00	
Bauschutt	7.708,76	7.667,62	8,58	32,56	0,00	0,00	

Tab. 15: Gesamtübersicht 2018 – öRE LaDaDi (eigene Darstellung)

Abfallart	Eingesammelte/ Erfasste Menge insgesamt	Entsorgung					zwischen- gelagert
		verwertet			beseitigt	abgelagert	
		Recycling	Sonstige Verwertung				
			energetisch (MHKW)	andere Ver- wertung, z. B. Verfü- lung			
in Tonnen							
	01	02	03a	04	07	08	
Bodenaushub	69.134,98	52.000,00	0,00	17.000,00	134,98	0,00	
Bauschutt	170.491,20	170.307,00	0,00	0,00	184,20	0,00	

Die Übersichten verdeutlichen die Dominanz des Recyclings in den Forschungsregionen, während die reine Deponierung (Spalte beseitigt / abgelagert) verhältnismäßig jeweils nur einen sehr geringen Teil ausmacht. Aus dem Vergleich des Jahres 2016 mit dem Jahr 2018 der Stadt Darmstadt geht sogar eine Entwicklung hin zu keinerlei Deponierung von Bodenaushub oder Bauschutt hervor. Bei der insgesamt eingesammelten Menge ist ein geringfügiger Rückgang auszumachen – jedoch sind aufgrund der nur für zwei verschiedene Jahre vorhandenen

Daten keine Trendaussagen möglich. Aus dem Vergleich der Stadt Darmstadt mit dem Landkreis Darmstadt-Dieburg für das Jahr 2018 wird deutlich, dass die über den öRE LaDaDi insgesamt entsorgte Menge an mineralischen Bauabfällen ca. um den Faktor 28,5 (= 239.626,18 t im LaDaDi bzw. 8.422,62 t in der StDa) größer ist, als die des öRE Stadt Darmstadt – ein Wert, der das Verhältnis an Einwohnern, der Anzahl an dortigen Immobilien und auch der Fläche der beiden Forschungsregionen, welche als Richtwerte für potentiell anfallende mineralische Bauabfälle gesehen werden können, um ein Vielfaches übersteigt. Ein Grund hierfür kann sein, dass die Entsorgung des in der Stadt Darmstadt anfallenden mineralischen Bauabfalls zu einem im Vergleich zum Landkreis Darmstadt-Dieburg größeren Anteil über private Entsorger erfolgt, welche in den Abfall-Erhebungsformularen nicht berücksichtigt sind.

### 5. Verknüpfung der pro Anlage verwerteten Abfallmenge mit deren Flächenbedarf

Werden die entsorgten Abfallmengen (von 2018) in die einzelnen entsorgenden Anlagen untergliedert und mit deren ermittelter Fläche verknüpft, ergibt sich die folgende Übersicht (siehe Abb. 41).

Gesamtübersicht 2018

Region	Nr.	Entsorgungsanlage	Fläche [m²]		Abfallart	AVV	AWK	Entsorgungsart	Menge [t]	Verhältnis [m²/t]
LaDaDi	1	Wertstoffsammelstelle Alsbach-Hähnlein	40.154,28							16,60
	2	Recyclinghof Babenhausen, Bauhof Babenhausen	8.165,57							
	3	Bauabfallsammelstelle Münster, Münster Deponiegelände	907,54							
	4	Recyclinghof Erzhausen, Bauhof Erzhausen	1.033,13							
	5	Wertstoffsammelstelle Griesheim, Bauhof Griesheim	11.750,14							
	6	Wertstoffhof Groß-Umstadt Semd	2.094,34							
	7	Wertstoffhof Groß-Zimmern, Bauhof an der Kläranlage	661,02							
	8	Wertstoffhof Messel, neuer Bauhof)	7.129,86	104.707,59	Bauschutt	170107	LaDaDi 2018	Recycling	6.307,00	
	9	Recyclinghof Modautal Ernsthofen	960,48							
	10	Bauhof/Betriebshof Mühlthal Nieder-Ramstadt	5.790,53							
	11	Wertstoffsammelstelle Garmer, am Kienwerk	14.285,94							
	12	Wertstoffhof Roßdorf, Entsorgungsbetrieb Rene Korb	4.741,73							
	13	Recyclinghof Schaaheim	1.597,40							
	14	Recyclinghof Radheim	2.364,15							
	15	Recyclinghof Weiterstadt	3.071,48							
LaDaDi	16	Bauschuttzubereitungsanlage, Süd Hess. Wertstoffrückgewinnungs-GmbH SHW, Messel	58.183,38		Bodenaushub	170504	LaDaDi 2018	Recycling	52.000,00	0,25
					Bauschutt	170301	StDa 2018	Recycling	17.000,00	
					Bauschutt	170302	LaDaDi 2018	Recycling	365,68	
					Bauschutt	170101	StDa 2018	Recycling	18,44	
					Bauschutt	170107	LaDaDi 2018	Recycling	14.000,00	
					Bauschutt	170107	StDa 2018	Recycling	76,22	
LaDaDi	17	Kunststoffgroßhandel, Schweißler GmbH & Co. KG	12.014,14		Bauschutt	170203	StDa 2018	Recycling	118.000,00	568,58
					Bauschutt	170203	StDa 2018	Recycling	331,20	
									241.176,99	97,2%
StDa	18	Sortieranlage, Remondis GmbH & Co. KG	20.740,18		Bauschutt	170202	StDa 2018	Recycling	21,13	1.311,01
	19	Recyclinganlage, TSR Recycling GmbH & Co. KG, Darmstadt	19.881,61		Bauschutt	170402	StDa 2018	Recycling	15,82	
					Bauschutt	170405	StDa 2018	Recycling	1,84	
					Bauschutt	170411	StDa 2018	Recycling	268,63	
					Bauschutt	170411	StDa 2018	Recycling	3,88	
StDa	20	Recyclinghof, Wissenschaftsstadt Darmstadt/EAD	7.200,84		Bodenaushub	170504		Recycling	348,18	5,06
					Bauschutt	170107		Recycling	3.357,47	
					Bauschutt	170201		Recycling	1.231,70	
					Bauschutt	170204	StDa 2018	Recycling	389,67	
					Bauschutt	170407	StDa 2018	Recycling	499,53	
StDa	21	Sortier-, Umlade- und Zwischenlager-Anlage, DRZ GmbH	22.953,03		Bauschutt	170603		Recycling	37,85	5,06
					Bauschutt	170802		Recycling	92,36	
					Bauschutt	170802		Recycling	92,36	
									6.246,93	2,5%
außerhalb		Müllheizkraftwerk Darmstadt							9,80	0,3%
		Mineral Baustoff GmbH, Wiesbaden							170,02	
		Bauschutt-Aufbereitungsanlage, Waibel KG, Gernsheim							9,00	
		Sortieranlage, Waibel KG, Gernsheim							16,98	
		Bauschutt-Aufbereitungsanlage, REMEX Mineralstoff GmbH, Hanau							24,60	
		HIM GmbH, Biebesheim							20,82	
		Recyclinganlage, TSR Recycling GmbH & Co. KG, Mannheim							21,92	
		Deponie Büttelborn, AWS GmbH							351,74	
									624,88	0,3%
									245.680,77	
									248.048,80	

Abb. 41: Entsorgungsanlagen mineralische Bauabfälle – Gesamtübersicht 2018 (eigene Darstellung)

---

97,2 % des in den Forschungsregionen anfallenden mineralischen Bauabfalls werden auf Anlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg entsorgt. Dieser hohe Anteil kommt dadurch zustande, dass zum einen der öRE LaDaDi im Vergleich zum öRE Stadt Darmstadt eine deutlich erhöhte Menge an mineralischen Bauabfällen beseitigt (vgl. Punkt 4) und zum anderen der öRE Stadt Darmstadt eine Teilmenge seiner Bauabfälle extern auf Flächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg entsorgt. Konkret geschieht dies auf der Bauschuttzubereitungsanlage der SHW in Messel. Sie stellt den mengenmäßig größten Entsorger dar und ist die einzige Entsorgungsanlage der Forschungsregionen, die weiterführend nicht nur recycelt, sondern den Bodenaushub auch verfüllt. Jeglicher weiterer Bodenaushub und Bauschutt, die auf Entsorgungsflächen innerhalb der Forschungsregionen kommen, werden dort zwecks weiterführender Verwendung recycelt – verweilen dort also nur temporär.

Deponierung im Sinne endgültiger Ablagerung geschieht ausschließlich außerhalb der Forschungsregion auf der Deponie in Büttelborn. Dort wurden 351,74 t des mineralischen Bauabfalls der Forschungsregion im Jahr 2018 deponiert. In Relation zu den insgesamt erfassten 248.048,80 t ist der deponierte Anteil (0,14 %) damit nur verschwindend gering. Die Entsorgung mineralischer Bauabfälle im Landkreis Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt und die hierfür Verwendung findenden Anlagen sind damit fast ausschließlich auf Recycling ausgelegt. Die totale Flächeninanspruchnahme in den Forschungsregionen beläuft sich dabei für das Jahr 2018 auf 245.680,77 m<sup>2</sup>. Entsorgt wurden dort über das Jahr verteilt 247.423,92 t. Setzt man diese Werte ins Verhältnis ergibt sich ein durchschnittlicher (jährlicher) Flächenbedarf von 0,99 m<sup>2</sup> pro Tonne. Dieser kann jedoch nicht universell gültig für jede Versorgungsanlage gesehen werden, da er sich von Anlage zu Anlage stark unterscheidet (siehe Spalte Verhältnis). Diese Variation ist hauptsächlich ein Nebeneffekt der Betrachtung der Anlagenflächen als Ganzes (siehe Punkt 3). So weist bspw. die SHW GmbH in Messel ein sehr geringes Verhältnis auf, da auf deren gesamten Fläche ausschließlich Bauschutt aufbereitet wird – und das voraussichtlich mit einer sehr hohen Frequenz. Dagegen handelt es sich bei der Schmeißer GmbH um einen Kunststoffgroßhandel, der – auch bzgl. seines Flächenbedarfs – nur zum Teil auf die Verwertung von Bauschutt ausgelegt ist.

Der nachträglichen Entsorgung und Wiederverwendung mineralischer Baustoffe steht deren ursprüngliche, primäre Gewinnung gegenüber. So ist auch die regionale Gewinnung von Bodenschätzen zur Herstellung mineralischer Baumaterialien mit einem entsprechenden Flächenbedarf verknüpft und soll im Folgenden untersucht, sowie mit derjenigen der Bauabfallentsorgung verglichen werden. Die Signifikanz der Rohstoffsicherung für Hessen und die Datenerfassung dieser wird im Folgenden kurz vorgestellt. Im Anschluss folgt die Bestimmung und Visualisierung des regionalen Flächenbedarfs der Gewinnung von Bodenschätzen zwecks Herstellung mineralischer Baumaterialien sowie die Ermittlung der geforderten Menge und deren Verknüpfung mit dem Flächenbedarf.

## **6. Signifikanz der Rohstoffsicherung für Hessen**

Rohstoffsicherung in Hessen: „Hessen steht mit einer Jahresförderung von über 30 Mio. t [(ca. 30,8 Mio. t jährlich)] [...] an vierter Stelle bei der Gewinnung oberflächennaher mineralischer Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. [...] In nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens spielen mineralische Rohstoffe eine Rolle [...]. Sie finden als Grundrohstoffe, Zusatz-, Begleit- und Wirkstoffe in zahlreichen Industriebranchen Verwendung, mengenmäßig zu > 90 % in der Bauindustrie [...]. [...] Rohstoffgewinnung ist eine Zwischennutzung, kein „Flächenverbrauch“; die nicht mehr benötigten Flächen werden anderen Nutzern so schnell wie möglich wieder zur Verfügung gestellt. [...] Bei der Aufstellung der Regionalpläne für die Regierungsbezirke [...] werden jeweils unterschiedliche Nutzungsinteressen untereinander abgewogen und Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten sowie Vorbehaltsgebiete oberflächennaher Lagerstätten zu ihrem Schutz ausgewiesen. Für die Rohstoffsicherung in den Regionalplänen stellt die Karte Rohstoffsicherung des HLNUG [Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie] als Fachplanung die wichtigste Abwägungsgrundlage dar. Insgesamt sind [...] 0,3 % der Landesfläche als Abbauf Flächen regionalplanerisch ausgewiesen. [...] Nur ein verschwindend

---

geringer Flächenanteil der Abbauflächen wird jährlich konkret für die Rohstoffgewinnung in Anspruch genommen. So ermittelte die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover hierfür [...] im Bundesdurchschnitt 0,005 % der Landesfläche, einen Flächenanteil, der sich auch in Zukunft nur wenig ändern wird.“ (HMULV 2006, S. 11ff.)

Auf Ebene der Regierungsbezirke werden demnach in den Regionalplänen Rohstoffsicherungsflächen als ‚Bereiche für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Abbaugebiete)‘ und ‚Bereiche oberflächennaher Lagerstätten (Lagerstätten)‘ ausgewiesen. Für die Bestimmung des Flächenbedarfs sind dabei die Abbaugebiete von Interesse, in denen der Rohstoffgewinnung Vorrang vor konkurrierenden Flächennutzungsansprüchen eingeräumt wird und in denen Bodenschätze aktiv abgebaut und gefördert bzw. gewonnen werden. Das HLNUG stellt dabei alle rohstoffgeologischen Grundlagen zur Verfügung. Kernelement hierbei ist die für Hessen flächendeckend vorliegende und ständig fortgeschriebene Karte Rohstoffsicherung (KRS).

### **7. Vorstellung der Karte Rohstoffsicherung (KRS) und des Fachinformationssystem Rohstoffe (FISROH)**

Das Fachinformationssystem Rohstoffe (FISROH) ist das zentrale Werkzeug zur Erstellung der KRS und Bearbeitung anderer Rohstoffbelange. Es besteht aus zwei Komponenten: einer Sachdatenbank unter dem hessischen Datenbankstandard HUMANIS und einem Geoinformationssystem auf Basis von ArcInfo/ArcViewGIS. Die Sachdatenbank führt Informationen zur Rohstoffsicherung und zum Rohstoffabbau. Das GIS stellt die zugehörigen Flächenelemente, wie bspw. die Rohstoffsicherungsflächen dar und erstellt die spezifischen Fachkarten, wie etwa die KRS.

Um die Flächeninanspruchnahme der Gewinnung von Bodenschätzen zur Herstellung mineralischer Baumaterialien in den Forschungsregionen zu ermitteln, wurden entsprechende GIS-Datensätze des FISROH beim HLNUG angefragt. Dabei waren die Gewinnungsflächen und Abbaugebiete der Forschungsregion, sowie auch die Flächen des künftig seitens der Abbaubetriebe zum Abbau vorgesehenen Potenzials an oberflächennahen mineralischen Rohstoffen von Relevanz.

Zur Verfügung gestellt wurde die digitale Karte Rohstoffsicherung für die Kreise Darmstadt und Darmstadt-Dieburg. Die KRS ist eine dynamische Karte ist, d. h. sie kann sich auf Grund neuer Erkenntnisse täglich ändern. In ihr wird zwischen ‚Gebieten für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe – GaoL‘ und zwischen ‚Gebieten oberflächennaher Lagerstätten – GoL‘ unterschieden, wobei erstere – sofern aktiv – für uns von Relevanz sind. Die Karte Rohstoffsicherung ist zwar nur eine Abwägungsgrundlage für die Regionalplanung der Regierungspräsidien und somit nicht in Gänze identisch mit den Rohstoffsicherungsausweisungen der derzeit gültigen Regionalpläne – da jedoch nur diejenigen Flächen von Interesse sind, in denen der Abbau bzw. die Gewinnung aktiv stattfinden, ist der Datensatz der KRS ausreichend, da diese Informationen darin enthalten sind.

### **8. Bestimmung und Visualisierung des regionalen Flächenbedarfs der Gewinnung von Bodenschätzen zwecks Herstellung mineralischer Baumaterialien**

Die Geodaten der KRS wurden gefiltert, um aus dem Datensatz nur diejenigen Flächen zu erhalten, auf denen der Abbau bzw. die Gewinnung aktiv stattfinden. Das Ergebnis sind die in der folgenden Abb. 42 visualisierten Abbau- bzw. Gewinnungsflächen, ergänzt durch Tab. 16.

## Rohstoffsicherungsflächen - aktive Gewinnung

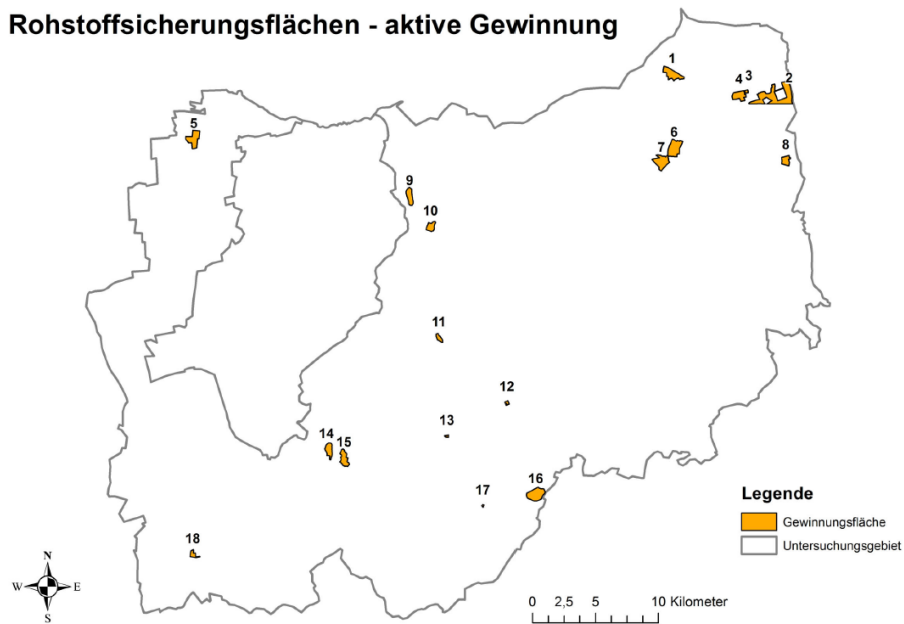


Abb. 42: Rohstoffsicherungsflächen - aktive Gewinnung (eigene Darstellung)

Tab. 16: Angabe von Attributen zu Gewinnungsflächen in LaDaDi (eigene Darstellung)

Nr.	Abbausituation	Rohstoff	Firma	Gemeinde
1	Abbau aktiv	Quarzsand	Schuhmann u. Hardt GmbH & Co. KG	Babenhhausen
2	Abbau aktiv	Quarzsand	Kaspar Weiss GmbH & Co. KG	Babenhhausen
3	Abbau aktiv	Quarzsand	Vepro GmbH Asphalt- und Recyclingwerk	Babenhhausen
4	Abbau aktiv	Quarzsand	Schuhmann u. Hardt GmbH & Co. KG	Babenhhausen
5	Abbau aktiv	Quarzsand	Sandgewinnung Graefenhhausen GmbH	Weiterstadt
6	Abbau aktiv	Sand	Heidelberger Sand und Kies GmbH	Babenhhausen
7	Abbau aktiv	Sand	Heinz Krichbaum	Babenhhausen
8	Abbau aktiv	Quarzsand	Gerhard Hoefling GmbH	Schaafheim
9	Abbau aktiv	Ölschiefer	GELSENROT Spezialbaustoffe GmbH	Messel
10	Abbau aktiv	Granodiorit	MHI Naturstein GmbH, Bereich Sued	Dieburg, Groß-Zimmern, Messel
11	Abbau aktiv	Basalt	MHI Naturstein GmbH, Bereich Sued	Ober-Ramstadt, Roßdorf
12	Abbau aktiv	Lehm	Heilderde-Gesellschaft Luvos Just GmbH u. Co. KG	Reinheim
13	In Gewinnung	Lehm	Ziegelwerk Ulrich Gruen GmbH & Co. KG	Ober-Ramstadt
14	Abbau aktiv	Gabbro	Hartsteinwerke Thomas GmbH & Co. KG	Mühltal
15	Abbau aktiv	Gabbro	Hartsteinwerke Thomas GmbH & Co. KG	Mühltal
16	Abbau aktiv	Gabbro	MHI Naturstein GmbH, Bereich Sued	Groß-Bieberau
17	Abbau aktiv	Quarzdiorit	Ludwig Wilferth Granitwerk	Fischbachtal, Groß-Bieberau
18	Abbau aktiv	Sand	Baustoffwerke Horst Dreher GmbH	Bickenbach

Im Folgenden ist beispielhaft die Gewinnungsfläche der MHI Naturstein GmbH in Dieburg dargestellt, die 158.956,44 m<sup>2</sup> umfasst (siehe Abb. 43).

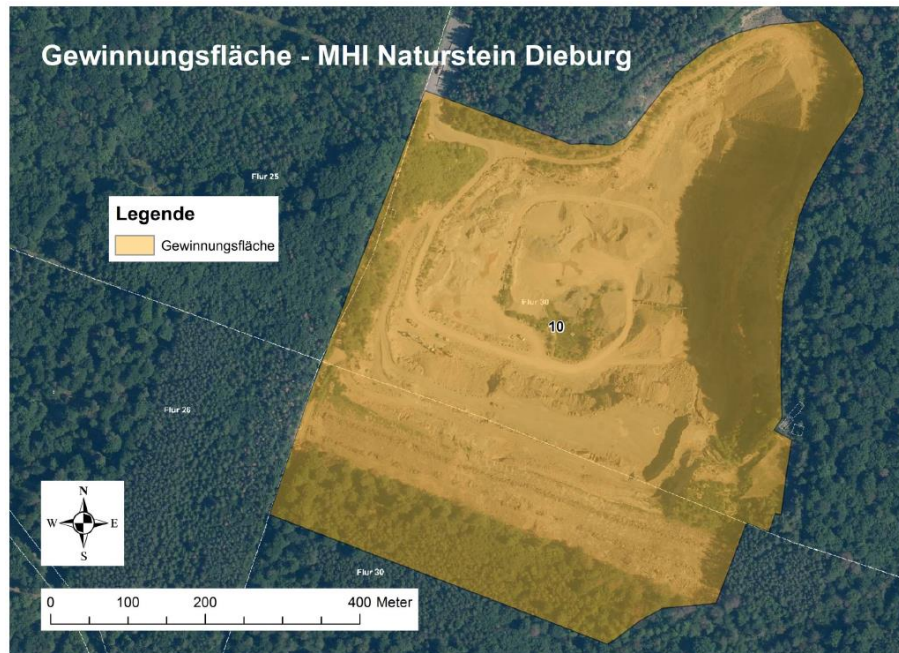


Abb. 43: Gewinnungsfläche – MHI Naturstein Dieburg (eigene Darstellung)

Aufsummiert ergibt sich in den beiden Forschungsregionen eine Gewinnungsfläche von insgesamt 4.620.730,58 m<sup>2</sup>. Auffällig ist, dass sich diese ausschließlich im Landkreis Darmstadt-Dieburg befindet, wohingegen die Stadt Darmstadt über keinerlei aktive Abbaufächen verfügt. Grund hierfür sind natürliche Bedingungen – mineralische Rohstoffgewinnung kann nur dort stattfinden, wo entsprechende Lagerstätten vorhanden sind und gleichzeitig keine anderen Landnutzungen, die eine Gewinnung ausschließen, in Konflikt stehen. Vergleicht man die gesamte Gewinnungsfläche mit der Fläche der beiden Forschungsregionen, die auf Basis des Untersuchungsgebiet-Layers in ArcMap zu 780.340.454,42 m<sup>2</sup> (StDa: 122.867.277,21 m<sup>2</sup> + LaDaDi: 657.473.177,21 m<sup>2</sup>) ermittelt wurde, so ergibt sich ein Anteil von 0,59 % (Gewinnungsfläche\*100/Gesamtfläche). Damit liegt das Untersuchungsgebiet über dem Landesdurchschnitt (vgl. Punkt 6).

## 9. Ermittlung der geförderten Menge und Verknüpfung mit dem Flächenbedarf

Um nun eine konkrete jährliche Abbaumenge für das Untersuchungsgebiet zu schätzen, kann die in Hessen kumuliert geförderte Menge von 30,8 Mio. t pro Jahr (siehe Punkt 6) herangezogen werden – bzw.  $0,9 * 30,8 \text{ Mio. t} = 27,72 \text{ Mio. t}$ , da mengenmäßig nur rund 90 % davon in der hier betrachteten Bauindustrie verwendet werden. Hessen verfügt über eine Fläche von rund 21.115 Mio m<sup>2</sup><sup>10</sup>, woraus sich ein durchschnittlicher (jährlicher) Flächenbedarf von 761,72 m<sup>2</sup> pro t ergibt. Bei 780.340.454,42 m<sup>2</sup> Forschungsregion ergeben sich somit rund 1,02 Mio. t an mineralischen Baustoffen, die im Untersuchungsgebiet pro Jahr zwecks Verwendung in der Bauindustrie gefördert werden. Dabei handelt es sich jedoch nur um einen näherungsweise geschätzten Wert. Ist die genaue Fördermenge der Forschungsregion von Interesse, so müssten die pro Gewinnungsfläche jährlich geförderten Mengen aller einzelnen Abbaubetriebe bei diesen jeweils separat angefragt und aufsummiert werden.

## Vergleich Flächenbedarf Entsorgung und Gewinnung

Zwecks Vergleichs des in den vorangegangenen Arbeitsschritten ermittelten Flächenbedarfs der Entsorgung und der Gewinnung mineralischen Baumaterials in den Forschungsregionen sind die jeweiligen Flächen im Folgenden in einer Karte (siehe Abb. 44) gegenübergestellt.

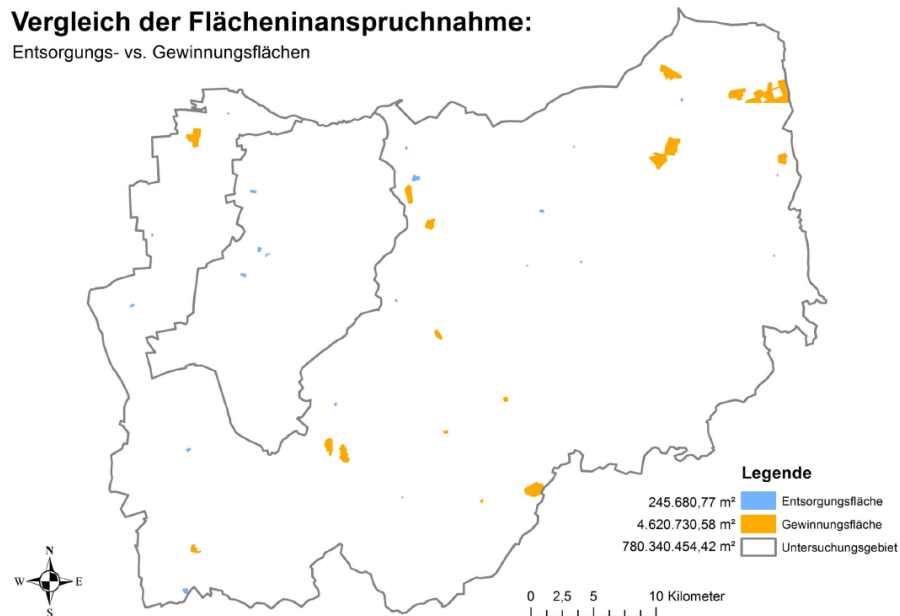


Abb. 44: Vergleich der Flächeninanspruchnahme Entsorgung und Gewinnung (eigene Darstellung)

Die Gegenüberstellung verdeutlicht nochmals die Flächendominanz der Gewinnung gegenüber der Entsorgung. Während die Entsorgungsflächen nur rund 0,03 % des Untersuchungsgebietes umfassen, sind es bei den Gewinnungsflächen 0,59 %. Die Entsorgung spielt in Bezug auf ihren Flächenbedarf damit nur eine untergeordnete Rolle.

Eine entscheidende Erkenntnis ist, dass es sich bei keiner der Entsorgungsflächen innerhalb der Forschungsregion um eine Deponie handelt, auf der endgültig abgelagert wird und die Bauabfälle entsprechend keine Weiterverwendung erfahren. Eine Flächenreduzierung von Deponieflächen ist in der Forschungsregion also nicht möglich. Daher wurde auch von der ursprünglichen Darstellung der Flächeninanspruchnahme der Deponierung mineralischer Abfälle, abgesehen bzw. diese um die Betrachtung der sonstigen Entsorgungsflächen erweitert. Ergebnis der Untersuchung ist, dass das in den Forschungsregionen entsorgte mineralische Baumaterial fast ausschließlich recycelt wird. Dies verdeutlicht dessen hohen Wert, sowie dessen enormes Wiederverwendungspotenzial – das auf den Entsorgungsflächen auch schon weitestgehend in die Praxis umgesetzt wird. Deponierung kommt im Untersuchungsgebiet für mineralische Bauabfälle nur noch in Frage, wenn es sich etwa um Mineralwolle oder Asbest handelt.

Während für die Gewinnung mineralischer Baumaterialien im Untersuchungsgebiet zwar eine deutlich größere Fläche beansprucht wird als für deren Entsorgung, muss jedoch vor allem die auf dieser Fläche gewonnene bzw. entsorgte Menge hierzu ins Verhältnis gesetzt werden. Mit einem errechneten (jährlichen) Bedarf von 0,99 m<sup>2</sup> pro entsorgter Tonne liegt dieser Wert deutlich unter dem für die Gewinnung geschätzten Bedarf von 761,72 m<sup>2</sup>/t. Dieses deutlich verringerte Verhältnis unterstreicht das Potenzial und die Wichtigkeit der Aufbereitung zur Wiederverwendung der mineralischen Baustoffe gegenüber deren Neugewinnung. Die gleiche Menge an recyceltem mineralischem Baumaterial bedarf einer deutlich höheren Fläche bei deren Neugewinnung. Dies ist vor allem auch vor dem folgenden Hintergrund ein Vorteil: Die zur Verfügung stehenden Rohstoffvorräte werden stetig verringert. Zum einen durch den stattfindenden Rohstoffabbau, zum anderen aber auch



durch eine Zunahme an Flächennutzungskonflikten – konkret Land- und Forstwirtschaft, Bebauung, Verkehrswege, Natur- und Landschaftsschutz, sowie Grundwasserschutz. Auch in den Forschungsregionen bestehen solche Landnutzungskonflikte, wie z. B. im Zuge des Kiesabbaus in Babenhausen im Ostteil des Landkreises oder bei der Nutzung von Steinbrüchen in Groß-Bieberau, Messel oder Roßdorf. Durch eine weitgehende Wiederverwendung der mineralischen Baumaterialien könnten diese vermieden oder zumindest minimiert werden.

Das Potenzial der Wiederverwendung ist demnach groß. In Hinblick auf die Untersuchung nicht erschlossener Potenziale bei der Gewinnung ist festzustellen, dass in den Regionalplänen Hessens stetig lediglich 0,3 % der Fläche des Landes als Abbaufäche ausgewiesen werden. Im Untersuchungsgebiet findet auf 0,59 % der Fläche ein solcher Abbau statt, doppelt so viel Fläche wie vorgesehen.

#### 4.4.2.3 Entwickelte und erprobte Vorgehensweise zur Abschätzung des Flächenbedarfs sowie der möglichen Reduzierung für die Gewinnung von Baumaterialien

Im Gegensatz zur Deponierung von Baumaterialien bietet die Gewinnung von Baumaterialien die Möglichkeit Flächen in relevanter Größenordnung einzusparen. Anzumerken ist, dass diese Flächen regelmäßig nicht im Untersuchungsgebiet verortet sind, da Baumaterialien teils international und über weite Strecken transportiert werden.

##### (1) Indikator zum Einsparungspotenzial der Flächennutzung durch die Vermeidung des Abbaus mineralischer Rohstoffe (durch die Maßnahme Wiederverwendung von Bauteilen)

Der Indikator soll eine Einschätzung des eingesparten Flächenverbrauchs für den primären Rohstoffabbau geben. Durch die Wiederverwendung von Bauteilen wird die Herstellung eines entsprechenden Bauteils und somit auch der Abbau eingesetzter Rohstoffe eingespart. Für die Ermittlung werden die Abbaufächen der Rohstoffe aller wiederverwendbaren Bauteile ins Verhältnis zu den Abbaufächen der tatsächlich wiederverwendeten Bauteile gesetzt (siehe Formel 1). Die Beschreibung des genutzten Potenzials soll auf Chancen und notwendige Handlungsfelder hinweisen. Der Indikator beinhaltet zudem implizit eine Beschreibung des ermittelten Flächenverbrauchs [m<sup>2</sup>].

Formel 1: Indikator Einsparungspotenzial beim Flächenverbrauch vom Rohstoffabbau

$$\begin{aligned} & \text{Genutztes Einsparpotenzial}_{\text{Landnutzung Abbau mineralischer Rohstoffe}} [\%] \\ &= \frac{\text{Abbaufäche mineralischer Rohstoffe}_{\text{wiederverwendeter Bauteile}} [\text{m}^2]}{\text{Abbaufäche mineralischer Rohstoffe}_{\text{wiederverwendbarer Bauteile}} [\text{m}^2]} * 100 \end{aligned}$$

Die Abschätzung erfolgt anhand von Datensätzen zum Flächenverbrauch aus der Datenbank Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas) des UBA und dem Internationalen Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS). Das Webportal ProBas stellt eine Bibliothek für Lebenszyklusdaten mit bis zu 8.000 Datensätze für die Kategorien Energie, Materialien & Produkt, Transport, Entsorgung und sonstige Dienstleistungen dar. Es handelt sich hierbei um eine Datensammlung verschiedener Projekte. Die prozessorientierte Datenbank ist freizugänglich und kostenlos. (UBA 2021)

Je nach Detaillierungstiefe und bereits vorhandenen Informationen sind folgende drei Schritte zur Ermittlung des Indikators notwendig:

##### Schritt 1: Identifizierung und Erhebungen der wiederverwendeten und wiederverwendbaren Bauteile

Im ersten Schritt werden die wiederverwendbaren und tatsächlich wiederverwendeten Bauteile erhoben. Hierzu können die Repräsentanten und die Handlungsempfehlungen aus Kapitel 4.2 und 4.3 als Grundlage der insgesamt wiederverwendbaren Bauteile herangezogen werden.

## Schritt 2: Ermitteln der Bestandteile

Im zweiten Schritt sind die Rohstoffe für eine Herstellung der Bauteile zu identifizieren. Als Unterstützung können die Beispiele aus Anhang 5 dienen. Nicht aufgeführte Bauteile sind mit ihren Rohstoffanteilen aufzunehmen.

1. Abgleich mit Anhang 5
2. Beschreibung des Bauteils
  - Bestimmung des Anteils an Rohstoffen

## Schritt 3: Ermittlung Einsparpotenzial in der Landnutzung durch den Abgleich der Menge des Rohstoffs zur Abbaufäche

Im letzten Schritt wird der Flächenverbrauch für den Abbau der benötigten Rohstoffe berechnet. Für einzelne Bauteile kann Tab. 17 herangezogen werden. Die entsprechenden Annahmen und Maße sind dem Anhang 5 zu entnehmen. Tab. 17 zeigt für eine Reihe von Bauteilen den aggregierten Flächenverbrauch der Rohstoffe an.

Tab. 18 beschreibt den Flächenverbrauch einzelner Materialien mit der entsprechenden Quelle. Für Materialien die nicht in der ProBas enthalten sind, werden Datensätze alternativer/vergleichbarer Materialien herangezogen. Die Tabellen sollen die Handhabbarkeit unterstützen und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Ergebnisse werden in die Formel 1 eingesetzt.

- 1) Entnahme Tab. 17 und Tab. 18
- 2) Eigene Ermittlung anhand einer Recherche in ProBas

Tab. 17: Bauteile und aggregierter Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>] (eigene Darstellung)

<b>Bezeichnung</b>	<b>Flächeneinsparung [m<sup>2</sup>]</b>
Dachziegel [Stk.]	0,0325
Mauerziegel [m <sup>3</sup> ]	3,7375
Keramische Bodenfliesen [m <sup>2</sup> ]	0,0606
Keramische Wandfliesen [m <sup>2</sup> ]	0,0606
Badewanne (Keramik) [Stk.]	0,0005
Duschwanne (Keramik) [Stk.]	2,3324*10 <sup>-5</sup>
Waschbecken (Keramik) [Stk.]	8,5159*10 <sup>-6</sup>
Bodenbelag (außen, Stein) [m <sup>2</sup> ]	0,0098
Treppengeländer (Holz) [Stk.]	9,1902*10 <sup>-9</sup>
Tür (Holz) [Stk.]	2,9404*10 <sup>-8</sup>
Heizkörper (Stahl) [Stk.]	0,0184
Fenster (Holzrahmen) [Stk.]	0,0061
Fensterbank (Naturstein) [Stk.]	2,5973*10 <sup>-6</sup>

Tab. 18: Materialliste und Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>] (eigene Darstellung)

Material / Mineral	Betrachtetes Material	Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]	Quelle
Ton	Bentonit	6,5	[1] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={8134CC95-DA9F-4670-BB70-BB2A0A04C6E4}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={8134CC95-DA9F-4670-BB70-BB2A0A04C6E4}</a>
Feldspat	Barit (Schwerspat)	0,00000145	[2] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={F7253535-1063-4D12-AD87-6E844053993D}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={F7253535-1063-4D12-AD87-6E844053993D}</a>
Kaolin	-	0,0000791	[3] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={491E1AF4-9249-409F-A10F-9EA4313D61E0}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={491E1AF4-9249-409F-A10F-9EA4313D61E0}</a>
Kalkstein	-	0,0000319	[4] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={7D146B3C-EAAF-4EF4-B212-795CF9004CAD}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={7D146B3C-EAAF-4EF4-B212-795CF9004CAD}</a>
Sand	Quarz/Quarzite	0,00201	[5] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9E9C7D4E-6240-4BF8-823A-D80C0F0C257B}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9E9C7D4E-6240-4BF8-823A-D80C0F0C257B}</a>
Stein	Naturstein	0,0000469	[6] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={AC54A663-CE27-454A-93FB-E6A1DDE85413}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={AC54A663-CE27-454A-93FB-E6A1DDE85413}</a>
Holz	Nadelholz	0,000000867	[7] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9C1A320E-F5A8-4D13-B15B-FEA7FBE25A7A}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9C1A320E-F5A8-4D13-B15B-FEA7FBE25A7A}</a>
Stahl	-	0,434	[8] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={19E7D6CB-2337-4ED1-A096-3DF3961DDA87}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={19E7D6CB-2337-4ED1-A096-3DF3961DDA87}</a>
Glas	Flachglas	0,133	[9] <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={47368082-B100-4FB4-9BA4-81C6331D6904}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={47368082-B100-4FB4-9BA4-81C6331D6904}</a>

In der folgenden Tab. 19 wird ein Beispiel zur Berechnung der Flächennutzung und im Anschluss des genutzten Einsparpotenzials gegeben.

Tab. 19: Berechnung Flächennutzung (eigene Darstellung)

Gesamte wiederverwendbare Bauteilliste (Ergebnis Schritt 1)	Flächennutzung [m <sup>2</sup> ] (entnommen Tab. 17)	Wiederverwendete Bauteile (Ergebnis Schritt 1)	Flächennutzung [m <sup>2</sup> ] (entnommen Tab. 17)
Badewanne	0,0005	-	-
Fenster (Holzrahmen)	0,0061	Fenster (Holzrahmen)	0,0061
Bodenbelag (außen Stein) 10 m <sup>2</sup>	0,0976	Bodenbelag (außen Stein) 5 m <sup>2</sup>	0,0488
<b>Summe</b>	<b>= 0,1042</b>		<b>= 0,0549</b>

Die Ergebnisse werden in die Formel eingesetzt (siehe Formel 2).

Formel 2: Beispiel genutztes Einsparpotenzial Landnutzung Rohstoffabbau.

$$\text{Genutztes Einsparpotenzial}_{\text{Landnutzung Abbau mineralischer Rohstoffe}} [\%] == \frac{0,0549 \text{ [m}^2\text{]}}{0,1042 \text{ [m}^2\text{]}} * 100 = 53 \%$$

**Antwort:** Es wurde 0,0549 m<sup>2</sup> Fläche eingespart. Dies entspricht 53 % des möglichen Einsparpotenzials. Eine Prüfung weiterer Maßnahmen und der Hemmnisse in der Wiederverwendung von Bauteilen wäre sinnvoll.

Der Indikator ist vorerst nur ein Ausdruck des genutzten Potenzials basierend auf den vorhandenen Informationen. Eine Aussage über einen „guten oder schlechten“ Nutzen des Potenzials kann an dieser Stelle (noch) nicht getroffen werden. Hierzu ist es notwendig anhand mehrerer Beispiele das erreichbare Potenzial im Bezug zum

ökonomischen Wert und der Realisierbarkeit abzuleiten. So kann aus einem rein ökologischen Standpunkt heraus zunächst eine Einsparung von 100 % wünschenswert erscheinen. Ist hierfür allerdings ein exzessiver Transport der Bauteile notwendig, wäre der ökologische Mehrwert nicht mehr gegeben. Auch spielt der Aufwand eines selektiven Abbaus und dessen Wirtschaftlichkeit eine signifikante Rolle.

Der Indikator bildet nur die primäre Einsparung in Bezug auf konkrete Materialien ab. Sekundäre Einsparungen an Flächennutzung durch Einsparungen in der Herstellungsphase werden nicht betrachtet.

Für eine weitere Präzision des Indikators sollten auch die sekundären Einsparungen aufgenommen werden. Zusätzlich sollten die Tabellen von Materialien und Bauteilen weitergeführt werden.

## 2) Indikator zum Einsparungspotenzial von Deponieraum (durch Reduzierung der Entsorgungsmenge)

Nach dem UBA sollte die Beseitigung von Bau- Und Abbruchabfällen auf ein unumgänglich notwendiges Maß beschränkt werden. Nur so könne Deponieraum und somit der Flächenverbrauch eingespart und die Ziele des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, der europäischen Rahmenrichtlinie und des deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRes III) erreicht werden. (UBA 2023) Ziel des Indikators ist das genutzte Einsparpotenzial an Deponieraum darzustellen (siehe Formel 3). Hierzu werden die Bauschuttmengen vor und nach den Maßnahmen der Wiederverwendung und des Recyclings/der anderweitigen Verwertung ins Verhältnis gesetzt.

Formel 3: Indikator Einsparungspotenzial Deponieraum

$$\begin{aligned} \text{Genutztes Einsparpotenzial}_{\text{Deponieraum}}[\%] &= \frac{\text{Verringertes Bauschuttvolumen [m}^3\text{]}}{\text{Bauschuttvolumen [m}^3\text{]}} \\ &= \frac{(B_A - E_{\text{wiederverwendbare Bauteile}} - E_{\text{anderweitige Verwendung/Recycling}})}{B_A} \end{aligned}$$

Legende

- $B_A$  [m<sup>3</sup>]
- $E_{\text{wiederverwendbare Bauteile}}$  [m<sup>3</sup>]
- $E_{\text{anderweitige Verwendung/Recycling}}$  [m<sup>3</sup>]

### Schritt 1: Aufnahme des Volumens einzelner Gebäude und Ableitung des möglichen Bauschuttanfalls

Im ersten Schritt wird das vor den Maßnahmen anfallende Bauschuttvolumen berechnet. Hierbei können die Repräsentanten (siehe Kapitel 4.2.3 und 4.6.2) als Grundlage herangezogen werden. Je detailliertere Informationen bezüglich des Gebäudes und des anfallenden Bauschuttvolumens zur Verfügung stehen, desto konkreter und valider können die Aussagen des Indikators sein.

### Schritt 2: Aufnahme der Maßnahmen: wiederverwendeter Bauteile, Recyclingmaterial/anderweitige Verwendung

Im zweiten Schritt werden zunächst die wiederverwendeten Bauteile und das Material, welches nicht entsorgt wird, sondern z. B. in die Verfüllung oder das Recycling eingebracht werden, aufgenommen. Als mögliche Referenz können die Repräsentanten dienen. Exemplarische Maße bezüglich wiederverwendeter Bauteile können auch den Datenblättern aus Anhang 6 entnommen werden. Anhand der erhobenen Bauteile wird der entsprechende Deponieraum bei einer Entsorgung berechnet.

Hilfestellung: Falls nur das Gewicht eines Objekts bekannt ist, kann der Umrechnungsfaktor 0,77 m<sup>3</sup>/t für das Bauschuttvolumen herangezogen werden (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2020). Hierbei handelt es lediglich um eine Annäherung, da sich das Volumen je nach Zusammensetzung des Bauschutts sehr unterscheidet.

### Schritt 3: Berechnung des genutzten Einsparpotenzials von Deponieraum

Im letzten Schritt wird das Volumen der einzelnen Variablen eingesetzt und für das genutzte Einsparpotenzial ins Verhältnis zueinander gesetzt.

Das folgende Beispiel zeigt die Berechnung des Deponievolumens verschiedener Materialien und des genutzten Einsparpotenzials.

#### Beispielgebäude

- 4 Wände je 4,5 m (Länge) x 2,8 m (Höhe) x 0,15 m (Tiefe)
- Dach 100 m<sup>2</sup> in Ziegel (Abgleich mit Maßen aus Anhang 6 Blatt 11a. Dachziegel)
- Holzbalken und sonstiges nicht mehr vorhanden Anhang 6 Blatt 11a. Dachziegel

#### Wiederverwendung

- Dachziegel 50 m<sup>2</sup> in Ziegel

#### Recycling

- 50 % der Wände werden dem Recycling/Verfüllung zugeführt

#### Berechnung

Wände [m<sup>3</sup>] = 4 x (4,5 m x 2,8 m x 0,15 m) = 49,8 m<sup>3</sup> ≈ 50 m<sup>3</sup>

Dach [m<sup>3</sup>] = 100 m<sup>2</sup> x 45 kg/m<sup>2</sup> x 1,33 t/m<sup>3</sup> = 4.500 kg x 0,77 m<sup>3</sup>/t = 4,5 t x 0,77 m<sup>3</sup>/t = 3,465 m<sup>3</sup> ≈ 3,5 m<sup>3</sup>

Die Ergebnisse werden in Formel 3 eingesetzt.

Formel 4: Beispiel genutztes Einsparpotenzial Deponieraum

$$\begin{aligned} \text{Genutztes Einsparpotenzial}_{\text{Deponievolumen}}[\%] &= \frac{\text{Verringertes Bauschuttvolumen [m}^3\text{]}}{\text{Bauschuttvolumen [m}^3\text{]}} \times 100 \\ &= \frac{(53,5 \text{ m}^3 - 1,75 \text{ m}^3 - 25 \text{ m}^3)}{53,5 \text{ m}^3} \times 100 = 0,5 \times 100 = 50 \% \end{aligned}$$

Antwort: Das Deponievolumen wurde um 27,25 m<sup>3</sup> reduziert und 50 % des Potenzials genutzt. Eine Prüfung der Hemmnisse sollte durchgeführt werden.

Ähnlich dem Indikator zur Einsparung der Flächennutzung ist dieser auch vorerst nur ein Ausdruck des genutzten Potenzials. Eine Aussage über ein ausreichendes Nutzen des Potenzials kann erst anhand der Auswertung von Beispielen und im Bezug zu anderen Faktoren, wie ökonomischer Wert und Realisierbarkeit erfolgen. Dennoch zeigt der Indikator mögliche Handlungsfelder auf, in denen das Potenzial nicht gänzlich ausgeschöpft wurde.

Eine Ergänzung der Repräsentanten mit der anfallenden Bauschuttmenge im Falle eines Abrisses, könnte die Berechnung deutlich erleichtern. Zudem könnte anhand von Abfragen von Abbruchunternehmen eine Einschätzung des nicht zu entsorgenden Materials anhand der Maßnahmen formuliert werden und in Zukunft als weitere Grundlage zur Bestimmung des Indikators dienen.

### **4.4.3 Ableitung der Grundbausteine zur Wahl eines Geschäftsmodells**

Die Entwicklung eines Geschäftsmodells wird basierend auf Kapitel 4.4.1 an den Business Model Canvas von Osterwalder und Pigneur (2010) angelehnt. Dabei handelt es sich um ein Tool, das durch Kreativtechniken die Grundbausteine eines Geschäftsmodells erarbeitet und mittels zu den Grundbausteinen zugehörigen Fragen überprüft. Bei den Grundbausteinen handelt es sich um:

- Customer Segments / Kundensegmente

- Value Propositions / Wertversprechen
- Channels / Vertriebskanäle
- Customer Relationships / Kundenbeziehung
- Revenue Streams / Einnahmequellen
- Key Resources / Wichtige Ressourcen
- Key Activities / Wichtigste Aktivitäten
- Key Partnerships / Wichtigste Partnerschaften
- Cost Structure / Kostenstruktur

Die definierten Grundbausteine lassen sich durch den eigentlichen Business Model Canvas veranschaulichen, wie in Abb. 45 dargestellt und können dann von allen Projektbeteiligten gemeinsam analysiert werden. Dazu eignen sich insbesondere die Grundbausteine vertiefende Fragen, welche nicht abschließend zu verstehen sind, sondern Denkanstöße bezüglich der wichtigsten Themenbereiche geben. Die vollständige Liste der durch alle Projektpartner besprochenen Fragen besteht aus den folgenden:

### Customer Segments / Kundensegmente

1. Für wen schaffen wir Wert?
2. Wer sind unsere wichtigsten Kunden?

### Value Propositions / Wertversprechen

3. Welchen Wert liefern wir dem Kunden?
4. Welches Problem unserer Kunden lösen wir?
5. Welche Kundenbedürfnisse befriedigen wir?
6. Welche Produkt- und Dienstleistungspakete bieten wir jedem Kundensegment an?

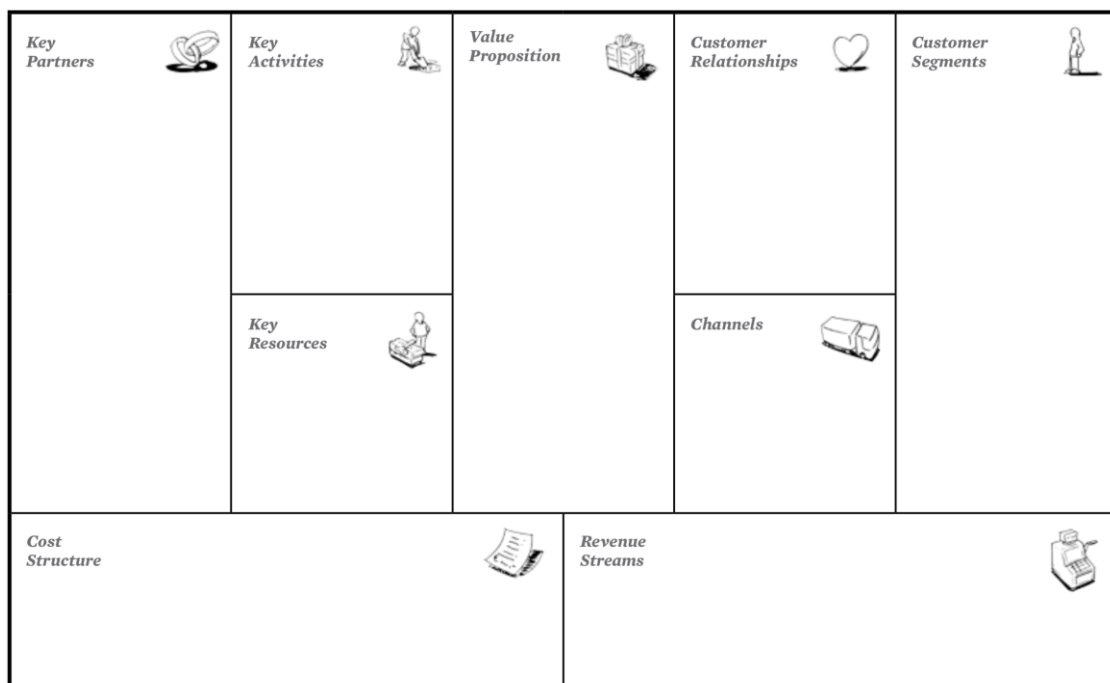


Abb. 45: Business Model Canvas nach Osterwalder und Pigneur 2010

---

## **Channels / Vertriebskanäle**

7. Über welche Vertriebskanäle wollen unsere Kundensegmente erreicht werden?
8. Wie erreichen wir sie jetzt?
9. Wie werden unsere Vertriebskanäle integriert?
10. Welche funktionieren am besten?
11. Welche sind am kostengünstigsten?
12. Wie integrieren wir sie in die Kundenroutinen?

## **Customer Relationships / Kundenbeziehung**

13. Welche Art von Beziehung erwartet jedes unserer Kundensegmente von uns?
14. Welche haben wir etabliert?
15. Wie teuer sind sie?
16. Wie sind sie in den Rest unseres Geschäftsmodells integriert?

## **Revenue Streams / Einnahmequellen**

17. Für welchen Wert sind unsere Kunden wirklich zahlungsbereit?
18. Wofür bezahlen sie derzeit?
19. Wie bezahlen sie derzeit?
20. Wie würden sie es vorziehen, zu bezahlen?
21. Wie viel trägt jeder Einnahmekanal zum Gesamtumsatz bei?

## **Key Resources / Wichtige Ressourcen**

22. Welche Schlüsselressourcen benötigen unsere Wertversprechen?
23. Unsere Vertriebskanäle?
24. Kundenbeziehungen?
25. Einnahmequellen?

## **Key Activities / Wichtigste Aktivitäten**

26. Welche Schlüsselaktivitäten erfordern unsere Wertversprechen?
27. Unsere Vertriebskanäle?
28. Kundenbeziehungen?
29. Einnahmequellen?

## **Key Partnerships / Wichtigste Partnerschaften**

30. Wer sind unsere wichtigsten Partner?
31. Wer sind unsere Hauptlieferanten?
32. Welche Schlüsselressourcen beziehen wir von Partnern?
33. Welche Schlüsselaktivitäten führen die Partner durch?

---

## Cost Structure / Kostenstruktur

34. Was sind die wichtigsten Kosten, die mit unserem Geschäftsmodell verbunden sind?
35. Welche Schlüsselressourcen sind am teuersten?
36. Welche Schlüsselaktivitäten sind am teuersten?

Nicht alle der Fragen lassen sich in jedem Zusammenhang beantworten. Für den Anwendungsfall der Entwicklung eines Geschäftsmodells zur Wiederverwendung von Baumaterialien im Landkreis Darmstadt-Dieburg sind insbesondere Fragen die von einem schon bestehenden Kundenstamm oder Geschäftsmodell ausgehen, welches inkrementell verändert werden soll (z. B. Frage 8 und Frage 9) nicht relevant, da ein völlig neues Geschäftsmodell entwickelt und implementiert werden soll, welches zusätzlich die Besonderheit aufweist, dass es sich nicht um ein gewinnorientiertes Geschäftsmodell handeln muss. Die Liste aller für den Anwendungsfall beantworteten Fragen ist in Anhang 7 (Abschnitt 1) beigefügt. Die auf dem Business Model Canvas zusammengetragenen beantworteten Fragen dienen als Grundlage für die Entwicklung konkreter Geschäftsmodellalternativen in Kapitel 4.4.4 mittels des Tools des morphologischen Kastens.

### 4.4.4 Entwicklung von Geschäftsmodellalternativen

Die in den Kapitel 4.4.2 und 4.4.3 ermittelten Randbedingungen und Grundbausteine stellen die Grundlage für die konkrete Entwicklung von Geschäftsmodellalternativen dar. Zur Strukturierung und Fokussierung der vielfältigen Einflüsse wird dazu die Methode der morphologischen Analyse und der morphologische Kasten nach Zwicky (1969) genutzt<sup>4</sup>. Dieser methodische Ansatz eignet sich für die Strukturierung komplexer Probleme mit großen Unsicherheiten, da die zu treffenden Entscheidungen hinsichtlich der zu wählenden Ausgestaltungen vollständig erfasst und dargestellt werden, ohne, dass diese zwangsläufig quantifiziert werden müssen oder ein mathematisch formaler Zusammenhang formuliert werden muss. Die Expertengruppe, die zunächst alle möglichen Ausprägungen erfasst, bewertet diese im nächsten Schritt mittels einem oder mehrerer Kriterien. Als wichtigste Aspekte wurden die folgenden Elemente, die ein Geschäftsmodell zur Wiederverwendung von Baumaterialien definieren muss, identifiziert:

- Wird eine Schadstoffuntersuchung der gehandelten Bauteile durchgeführt und wer verantwortet die Schadstoffuntersuchung?
- Durch wen erfolgt der Ausbau der Bauteile, sofern diese noch nicht in ausgebautem Zustand vorliegen?
- Wie findet der Eigentumsübergang statt? Gibt es einen Händler der Zwischeneigentümer:in wird oder findet lediglich eine Vermittlung statt?
- Wo und wie werden Bauteile gelagert bis sie verkauft werden?
- Wie ist die Vermarktung der Bauteile ausgestaltet, z. B. als Baumarkt oder rein digital?
- Durch wen erfolgt der Transport der Bauteile?
- Wer nimmt den Einbau der Bauteile vor?
- Wie ist die Vermittlung der Bauteile rechtlich organisiert? Welche Rechtsform hat die juristische Person zur Vermittlung der Bauteile?

Die durch die Expertengruppe identifizierten möglichen Ausprägungen des Geschäftsmodells bezüglich dieser Kernfragen sind in Abb. 46 dargestellt. Aus der Menge der unterschiedlichen möglichen Ausprägungen wird deutlich, dass eine Variantenentwicklung klare Kriterien benötigt, die eine Reduktion der Möglichkeiten herbeiführen. Eines der primären Ziele des Prozesses der Geschäftsmodellentwicklung ist neben der Förderung der

---

<sup>4</sup> Für eine ausführliche Erläuterung empfiehlt sich das Buch *Discovery, Invention and Research Through the Morphological Approach* (Zwicky 1969).



Wiederverwendung von Baumaterialien die Verstetigung des Geschäftsmodells über die Projektlaufzeit hinaus. Die beteiligten Projektpartner in Form von Forschungseinrichtungen, Gemeinden und einem Landkreis haben ohne weitere, ergänzende politische Beschlüsse, die innerhalb der Projektlaufzeit nicht zu erwarten sind, stark eingeschränkte Handlungsspielräume bezogen auf den personellen und sonstigen Aufwand und auf das tragbare Risiko. Da ein zu großer Aufwand oder ein zu hohes Risiko zum Abbruch des Projektes führen würden, werden die verschiedenen Ausprägungen bezogen auf diese Kriterien bewertet.

Schadstoffuntersuchung	Durch Verkäufer	Durch Käufer	Durch Betreiber	Grobklassifizierung als Hilfestellung	Fachgutachter (reine Besichtigung) beauftragt durch Börse	Keine
Ausbau	Durch Verkäufer	Durch Käufer (bzw. von diesem beauftragten Dritten)	Durch Betreiber	Durch Abbruchunternehmen	Durch private Dienstleister (Rückbauunternehmer)	Privater (mit Gefährdungsbeurteilung)
Eigentumsübergang	Direkt (Eigentümer↔Käufer)	Indirekt (mit Verantwortung)	Indirekt (Kommission - ohne Verantwortung)			
Lagerung	Durch Verkäufer (z.B. im alten Gebäude)	Zentral für den Landkreis über Zweckverband (Betreiber)	Dezentral bei einzelnen Gemeinden	Dezentral beim Landkreis Zweckverband	Interkommunal	
Vermittlung/Vermarktung	Physischer Baumarkt/Bauteilbörse	Digitale Börse	Makler (z.B. Bürgermeister)			
Transport	Durch Verkäufer	Durch Käufer	Zentral für den Landkreis	Dezentral bei einzelnen Gemeinden		
Einbau	Spezialisierte Fachfirma	Durch Käufer	Zentral für den Landkreis	Dezentral bei einzelnen Gemeinden		
Organisation	Zweckverband	Private Firma (100% Landkreis)	Private Firma (Eigenständig)			

Abb. 46: Morphologischer Kasten Geschäftsmodell (eigene Darstellung)

#### 4.4.5 Bewertung der Geschäftsmodellalternativen

Der erste Schritt der Bewertung der Geschäftsmodellalternativen ist die Bewertung aller einzelner Szenarioelemente bezüglich der im vorherigen Abschnitt definierten Kriterien ‚Risiko für den Betreiber der Plattform‘ und ‚Aufwand für den Betreiber der Plattform‘. Die Bewertung erfolgt in den Kategorien niedriges Risiko/niedriger Aufwand, mittleres Risiko/mittlerer Aufwand und hohes Risiko/hoher Aufwand. Für die mögliche Ausprägung ‚Durch Verkäufer des Aspektes Schadstoffuntersuchung‘ wurden bspw. folgende Risiken und folgender Aufwand berücksichtigt:

##### Risiko: mittel

Das Risiko aus einer Schadstoffuntersuchung durch den Verkäufer ist für den Betreiber niedrig. Es könnte sich dennoch ein Risiko ergeben, wenn der Betreiber die Schadstofffreiheit kommuniziert und für diese haftet, da eine Untersuchung regelmäßig nicht alle Schadstoffklassen testet und Tests falsch negativ sein könnten.

##### Aufwand: mittel

Der Aufwand aus einer durch den Verkäufer durchgeführten Schadstoffuntersuchung ist für den Betreiber höher als in dem Fall, in dem keine Untersuchung durchgeführt wird. Zusätzliche Aufgaben wären u. a. das Bereitstellen der Möglichkeit die Schadstofffreiheit zu kommunizieren oder die Bereitstellung einer Auflistung anerkannter Gutachter.

Die dargestellte Abb. 47 gibt einen Überblick über alle Bewertungen hinsichtlich beider Kriterien aller möglicher Ausprägungen aller Aspekte. Die für die jeweilige Bewertung zugrunde liegende Argumentation kann dem ausführlicheren Anhang 7 (Abschnitt 2) entnommen werden.

Schadstoffuntersuchung	Durch Verkäufer	Durch Käufer	Durch Betreiber	Grobklassifizierung als Hilfestellung	Fachgutachter (reine Besichtigung) beauftragt durch Börse	Keine
	Risiko: mittel Aufwand: mittel	Risiko: niedrig Aufwand: mittel	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: niedrig Aufwand: mittel	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig
Ausbau	Durch Verkäufer	Durch Käufer (bzw. von diesem beauftragten Dritten)	Durch Betreiber	Durch Abbruchunternehmen	Durch private Dienstleister (Rückbauunternehmer)	Privater (mit Gefährdungsbeurteilung)
	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: hoch Aufwand: mittel	Risiko: hoch Aufwand: mittel	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig
Eigentumsübergang	Direkt (Eigentümer ↔ Käufer)	Indirekt (mit Verantwortung)	Indirekt (Kommission - ohne Verantwortung)			
	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: mittel Aufwand: mittel			
Lagerung	Durch Verkäufer (z.B. im alten Gebäude)	Zentral für den Landkreis über Zweckverband (Betreiber)	Dezentral bei einzelnen Gemeinden	Dezentral beim Landkreis Zweckverband	Interkommunal	
	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: hoch Aufwand: (sehr) hoch	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: hoch Aufwand: hoch	
Vermittlung/ Vermarktung	Physischer Baumarkt/Bauteilbörse	Digitale Börse	Maker (z.B. Bürgermeister)			
	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: niedrig Aufwand: mittel	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig/mittel			
Transport	Durch Verkäufer	Durch Käufer	Zentral für den Landkreis	Dezentral bei einzelnen Gemeinden		
	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: hoch Aufwand: hoch	Risiko: hoch Aufwand: hoch		
Einbau	Spezialisierte Fachfirma	Durch Käufer	Zentral für den Landkreis	Dezentral bei einzelnen Gemeinden		
	Risiko: mittel Aufwand: mittel	Risiko: niedrig Aufwand: niedrig	Risiko: hoch Aufwand: hoch unmöglich --> unzulässig	Risiko: hoch Aufwand: hoch unmöglich --> unzulässig		
Organisation	Zweckverband	Private Firma (100% Landkreis)	Private Firma (Eigenständig)			
	Risiko: unbekannt Aufwand: unbekannt	Risiko: unbekannt Aufwand: unbekannt	Risiko: unbekannt Aufwand: unbekannt			

Abb. 47: Morphologischer Kasten Geschäftsmodell bewertet (eigene Darstellung)

Aus der Summe der Bewertungen und insbesondere unter Berücksichtigung der Interdependenzen der verschiedenen Aspekte untereinander haben sich drei Varianten ergeben, die von allen Projektbeteiligten als umsetzbare und zielführende Lösungen identifiziert wurden. Abb. 48 stellt die entwickelten Varianten gegenüber und verdeutlicht, dass der wesentliche Unterschied der Varianten in der Vermittlung der Bauteile liegt. Die Möglichkeit des Rückgriffs auf schon bestehende IT-Infrastruktur und die Erfahrungen im Betrieb von Websites zum Handel von gebrauchten Bauteilen führen zu der Einschätzung, dass eine Variante die Drittanbieter einbindet, am erfolgversprechendsten ist. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die grundlegende Entwicklung keine Kapazitäten bindet und stattdessen eine Optimierung in Bezug auf die regionalen Gegebenheiten sowie eine Erweiterung um neue Tools zur Hilfestellung durchgeführt werden kann.

	Variante 1 „ZAW“	Variante 2 „TUDa“	Variante 3 „Restado“
<b>Schadstoffuntersuchung</b>	Schadstoffuntersuchung im Eigenermessen durch Anbieter oder Abnehmer, gegebenenfalls unterstützt durch eine schematische Grobklassifizierung bestimmter Bauteilklassen.		
<b>Ausbau</b>	Selbstständig durch Käufer oder Verkäufer nach Absprache.		
<b>Eigentumsübergang</b>	Direkt zwischen Käufer und Verkäufer, Geschäftsmodell dient lediglich als Plattform zur Kontakt- und Informationsvermittlung.		
<b>Lagerung</b>	Durch Verkäufer.		
<b>Vermittlung/ Vermarktung</b>	Digitale Börse: Implementierung auf <b>Website des ZAW</b> ähnlich der Schenk- und Tauschbörse mit zusätzlicher Informationsbereitstellung wie beispielsweise Leitfaden zur Bauherrenberatung auf der ZAW Seite oder Verlinkung zu WieBauin Seite.	Digitale Börse: Implementierung auf der <b>Website von WieBauin</b> mit zusätzlicher Informationsbereitstellung wie beispielsweise Leitfaden zur Bauherrenberatung.	Digitale Börse: Übernahme bestehender Drittlösung wie <b>www.restado.de</b> als Verlinkung oder Implementierung auf der Website mit zusätzlicher Informationsbereitstellung wie beispielsweise Leitfaden zur Bauherrenberatung auf der Seite von WieBauin.
<b>Transport</b>	Selbstständig durch Käufer oder Verkäufer nach Absprache.		
<b>Einbau</b>	Selbstständig durch Käufer oder Verkäufer nach Absprache.		
<b>Organisation</b>	Angegliedert an ZAW.	Noch offen.	Angegliedert an Drittlösung.

Abb. 48: Geschäftsmodellvarianten (eigene Darstellung)

Insgesamt führt das Geschäftsmodell unter Einbeziehung des Drittanbieters im Allgemeinen zu keinen weiteren zwingenden Fixkosten sofern dieser davon ebenfalls profitieren kann und eine Verstetigung kann somit gesichert werden. Bei der Prüfung der Übertragbarkeit muss über den Tragfähigkeitskalkulator individuell geschätzt werden, ob Erträge in der jeweiligen Region generiert werden könnten und ob somit alternative Geschäftsmodelle umsetzbar wären oder Zusatzleistungen angeboten werden können. Auf Grund des regional sehr unterschiedlichen Bauteilangebotes und der regional sehr unterschiedlichen Bauteilnachfrage sowie den Kosten für mögliche Bestandteile eines alternativen Geschäftsmodells, bspw. mit zusätzlicher Bereitstellung von Lagerflächen, ist die Ermittlung des möglichen Bauteilaufkommens sowie der damit verbundenen Erträge eine wichtige zu ermittelnde Größe. An möglichen sich daraus ergebenden Erträgen muss sich die Umsetzung eines Geschäftsmodells orientieren.

#### 4.4.6 Umsetzung, Evaluation und mögliche Fortführung des Geschäftsmodells

Basierend auf den zuvor ausgearbeiteten unterschiedlichen Varianten, den Rahmenbedingungen im Kreis-Darmstadt Dieburg sowie der Stadt Darmstadt und den durch das Forschungsprojekt vorgegebenen Randbedingungen wurde die Variante unter Einbeziehung eines Drittanbieters als Vorzugsvariante gewählt. Als Drittanbieter konnte das für den Onlinehandel gebrauchter Baumaterialien führende Unternehmen Concular GmbH gewonnen werden und die Partnerschaft durch ein Memorandum of Understanding formalisiert werden. Die Erstellung der Struktur und Inhalte der Plattform wurde durch die Partner des Verbundvorhabens vorgenommen, die technische Umsetzung als Website durch die Concular GmbH.

Die entwickelte Website gliedert sich thematisch in die Abschnitte Marktplatz, Informationsplattform sowie Unterstützungs- und Beratungsangebote und wurde unter der Bezeichnung ‚Bauteilkreis Darmstadt-Dieburg‘ durch begleitende Öffentlichkeitsarbeit vermarktet. Der Marktplatz, exemplarisch dargestellt in Abb. 49, bildet das zentrale Element der Website und ermöglicht es den Nutzern die Baumaterialien kostenfrei zu handeln. Der

Austausch der Baumaterialien zwischen den Nutzern kann flexibel gestaltet und bspw. entgeltfrei, im Tausch oder gegen einen zu zahlenden Betrag durchgeführt werden, da die Plattform ausschließlich als Ort des Austauschs fungiert, jedoch nicht am Handel beteiligt ist.

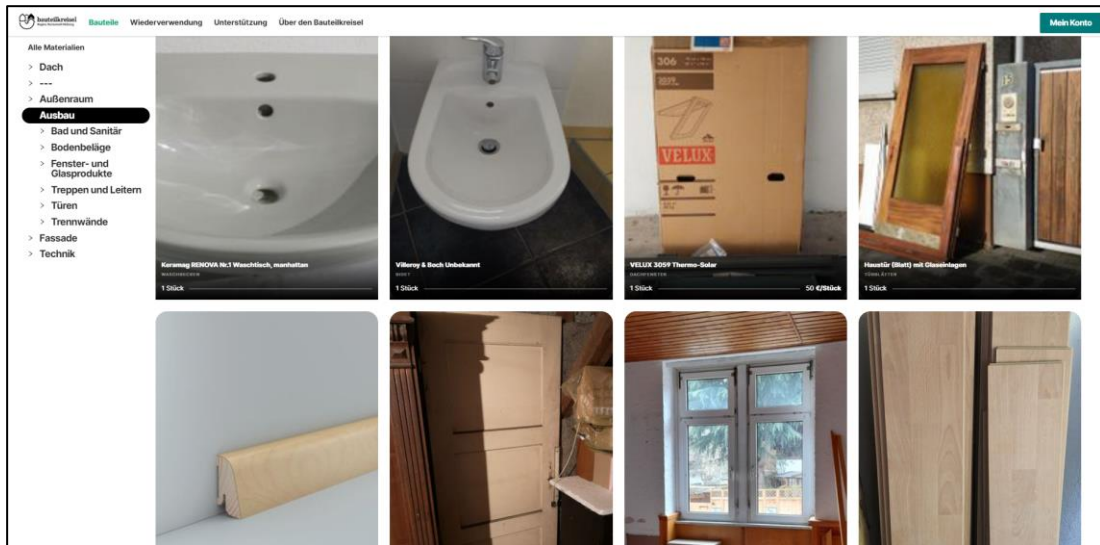


Abb. 49: Marktplatz des Bauteilkreisels (eigene Darstellung)

Neben dem Marktplatz bietet der Bauteilkreisel Darmstadt-Dieburg insbesondere Mehrwerte durch die ergänzende Informationsplattform sowie Informationen zum Unterstützungs- und Beratungsangebot. Die ergänzenden Informationen umfassen u. a. die kostenfrei zur Verfügung stehenden Tools ‚Schadstoffverzeichnis‘ und ‚Materialertragsrechner‘ dargestellt in Abb. 50 sowie das Handbuch zur Wiederverwendung für Handwerker:innen und Architekt:innen. Das Schadstoffverzeichnis ermöglicht eine generalisierte Beurteilung des Schadstoffrisikos von Bauteilen basierend auf Literaturwerten. Da sich diese nicht nur zwischen verschiedenen Bauteilarten unterscheiden, sondern weitere Charakteristika einen relevanten Einfluss auf das Schadstoffrisiko haben, hat der Nutzer die Möglichkeit diese weiter zu spezifizieren, u. a. nach dem Alter der Bauteile. Das ausgegebene Ergebnis gibt für das spezifizierte Bauteil die Wahrscheinlichkeit des Auftretens verschiedener Schadstoffe, wie bspw. Asbest oder Pentachlorphenol (PCP) an. Eine detaillierte Beschreibung des Materialertragsrechners findet sich in Kapitel 4.6.

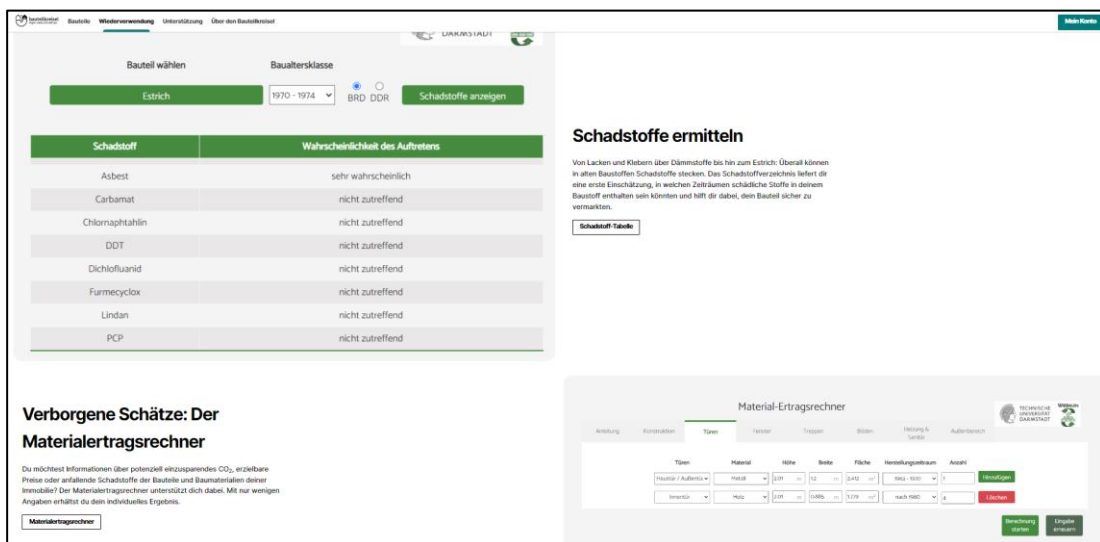


Abb. 50: Ausschnitt der Informationsplattform des Bauteilkreisels (eigene Darstellung)

Das Unterstützungs- und Beratungsangebot lässt sich in Unterstützung durch Projektbeteiligte und Unterstützung durch Dritte unterteilen. Die Unterstützung durch Projektbeteiligte wird in Kapitel 4.3 erläutert.

Darüber hinaus können Experten für Bauteilwiederverwendung auf der Website ihre Kontaktdaten inserieren, dargestellt in Abb. 51, und zusätzlich ihr Spezialgebiet beschreiben. Durch das Projekt WieBauin wurde somit eine zentrale Anlaufstelle für Nachfrager und Anbieter von Dienstleistungen in Bezug auf Bauteilwiederverwendung geschaffen, was zu Beginn des Projektes, neben der zentralen Anlaufstelle für Nachfrager und Anbieter der Produkte selbst, in Experteninterviews als eines der wichtigsten Hemmnisse genannt wurde.

Die Vielzahl an ergänzenden Angeboten, zusätzlich zu dem zentralen Marktplatz, konnten während der Umsetzungsphase identifiziert, ausgearbeitet und auf der Website eingearbeitet werden. Dabei hat insbesondere das Nutzerfeedback dazu beigetragen diese Aspekte zu erkennen und umzusetzen. Ebenfalls durch Nutzerfeedback angeregt wurden Tutorial Videos zur Nutzung des Materialertragsrechners und zum Inserieren von Bauteilen erstellt, da das Inserieren der Bauteile von üblichen Ansätzen anderer Onlinehandelsplattformen abweicht. Das Abweichen ist bedingt durch den ganzheitlicheren Ansatz in Bezug auf Kreislaufwirtschaft der Concular GmbH, der zusätzliche Informationen, wie bspw. frühzeitige Daten zum Gebäuderückbau integriert.

**Finde Unterstützung für dein Projekt.**

Du würdest gerne Bauteile und Baumaterialien wiederverwenden, dir fehlt aber das Knowhow oder die Zeit das selbst zu tun. Durch den Bauteilkreislauf findest du professionelle Unterstützung von Profis in Sachen Wiederverwendung ganz in deiner Nähe.

<p><b>Timm Kraftig</b></p> <p>STADT Ostberg</p> <p>Dienstleistung Bauberatung</p> <p>E-MAIL timm.kraftig@t-online.de</p> <p>TELEFONNUMMER -</p>	<p><b>Marion Widder</b></p> <p>STADT Ostberg</p> <p>Dienstleistung Planungsbüro in der Denkmalpflege</p> <p>E-MAIL widder@raumimpuls.net</p> <p>TELEFONNUMMER 09162/9440054</p>	<p><b>Hauke Hans</b></p> <p>STADT Dieburg</p> <p>Dienstleistung Bad Renovierung</p> <p>E-MAIL hauke.hans@web.de</p> <p>TELEFONNUMMER 06071/920660</p>	<p><b>Bernfried Kleinsorge</b></p> <p>STADT 63229 Egelsbach</p> <p>Dienstleistung Privater Bauherr: Erfahrungsaustausch</p> <p>E-MAIL bernfried@noeico-hof.de</p> <p>TELEFONNUMMER 015232764750</p>	<p><b>Dr. Drexler + Dr. Fecher Gm...</b></p> <p>STADT Groß-Umstadt</p> <p>Dienstleistung Schadstoffberatung</p> <p>E-MAIL info@envichem.de</p> <p>TELEFONNUMMER 06078/72034</p>	<p><b>Jakob G</b></p> <p>STADT ...</p> <p>Dienstleistung ...</p> <p>E-MAIL jakobg@ic.googlemail.com</p> <p>TELEFONNUMMER ...</p>	<p><b>Oliver Märker</b></p> <p>STADT 64289 Darmstadt</p> <p>Dienstleistung KONFORM Massivholzmöbel</p> <p>E-MAIL info@konform-moebel.de</p> <p>TELEFONNUMMER 06151/278640</p>
---	---	---	---	---	--	---

Abb. 51: Unterstützungs- und Beratungsangebot (eigene Darstellung)

Im Vergleich zu anderen, allgemeineren auf den Handel von Sachen ausgelegten Onlinemarktplätzen, bietet der Bauteilkreislauf nicht nur durch das zusätzliche Beratungs- und Informationsangebot einen Mehrwert, sondern erzeugt dadurch insbesondere auch eine regionale Identität, die das Image der Bauteile positiv beeinflussen kann.

Zur Verstetigung über das Projekteende hinaus wurden Gespräche mit dem hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz geführt und für diese Gespräche ein Verstetigungskonzept in Absprache mit der Concular GmbH erarbeitet. Das detaillierte Konzept ist in Anhang 7 (Abschnitt 3) zu finden, eine vereinfachte Darstellung in Abb. 52 verdeutlicht jedoch die wesentlichen Aspekte.

Räumlicher Kooperationsbereich / Umsetzungsmodell	Hessenweit	Regionsweit	Landkreisweit
Kombiniertes Angebot von Informationsplattform und Marktplatz	Relative Kosten: ●○○○ Flexibilität: ○○○○	Relative Kosten: ●●○○ Flexibilität: ●○○○	Relative Kosten: ●●●● Flexibilität: ●●○○
Informationsplattform und Embedded Marketplace	Relative Kosten: ●○○○ Flexibilität: ●○○○	Relative Kosten: ●●○○ Flexibilität: ●●○○	Relative Kosten: ●●●● Flexibilität: ●●●●

Abb. 52: Verstetigungsvarianten (eigene Darstellung)

Einerseits können die möglichen Varianten in den räumlichen Kooperationsbereich und andererseits bezüglich ihres Umsetzungsmodells unterschieden werden. Die Unterscheidung des Umsetzungsmodells ergänzt zu der in der Umsetzungsphase implementierten kombinierten Lösung aus Informationsplattform und Marktplatz eine Variante bestehend aus Informationsplattform und Embedded Marketplace. Diese Variante ermöglicht einen getrennten Betrieb des Marktplatzes von den restlichen Angeboten und somit auch einen unkomplizierten Anbieterwechsel.

Neben diesen Varianten, die auf eine finanzielle Unterstützung auf Landesebene angewiesen sind, wurde auch eine alternative Vorgehensweise beleuchtet, die durch ihren geringeren finanziellen Aufwand möglicherweise leichter von Kommunen, Landkreisen oder privaten Aktionsgruppen umgesetzt werden könnte.

Diese Vorgehensweise bedient sich der Nutzung bestehender Onlinedienstleister:innen, die die Umsetzung von Marktplatzwebseiten anbieten. Im Folgenden werden die Grundzüge der Angebote beschrieben sowie eine Leistungs- und Kostenübersicht der gängigsten Anbieter:innen skizziert. Aufgrund der vielfältigen Akteur:innen am Markt kann diese Aufzählung weder abschließend sein noch eine Wertung der Dienstleistenden darstellen. In wie weit sich die verschiedenen Anbieter:innen bezüglich der IT-Sicherheit, Datenschutzrichtlinien etc. für die Nutzung durch eine öffentliche Stelle wie bspw. einer Kommune eignen, sollte vor der Umsetzung im Einzelfall geprüft werden.

Interessent:innen sollten zunächst darüber informiert sein, dass sich ein Online-Marktplatz als eine Internetplattform, auf der Nutzer untereinander Waren oder Dienstleistungen handeln können vom klassischen eCommerce unterscheidet. Bei einem Marktplatzmodell sind mehrere Händler:innen aktiv und die Benutzer:innen der Plattform können gleichzeitig in der Händler- sowie Käuferrolle agieren, indem sie eigene Waren inserieren und Waren anderer Nutzer:innen kaufen.

Zur genaueren Beschreibung der Handelskonstellationen und somit der Art des gewünschten Onlinemarktplatzes sind die folgenden Abkürzungen etabliert. In diesem System steht der Buchstabe A für Administration, also Behörden; der Buchstabe B für Business, also professionelle Händler:innen und Unternehmen sowie der Buchstabe C für Consumer, also die Privatperson als Verbraucher.

B2B Marketplace: vergleichbar mit einer Industriemesse

B2C Marketplace: vergleichbar mit einem ‚normalen‘ Geschäft

C2C Marketplace: vergleichbar mit einem Flohmarkt oder Tauschbörse

(Team Hub 2022)

---

Außerdem gibt es die Bezeichnung D2C Marketplace, sie steht für ‚Direct to Consumer‘, also die Direktvermarktung von Erzeuger zu Konsument, vergleichbar mit einem Hofladen ohne Zwischenhändler. (Runge 2022)

Falls eine kommerzielle Absicht besteht, können Abo-Gebühren, Umsatzprovisionen oder Einmalzahlungen bei getätigten Transaktionen verlangt werden. Je nach Geschäftsmodell des Marktplatzes werden diese Gebühren vom Käufer, vom Verkäufer oder von beiden erhoben. Bei entsprechender anderweitiger Kostendeckung kann auch auf die Erhebung von Gebühren verzichtet werden.

Grundsätzlich können drei Vorgehensweisen unterschieden werden:





**Mieten:** Software-as-a-Service –SaaS – bezeichnet ein Vertriebs- / Lizenzmodell, bei dem Anwendungssoftware bereitgestellt wird. Die gängigsten Anwendungen zur Erstellung von Online-Marktplätzen werden meistens nach diesem SaaS-Modell auf einer Webseite angeboten. Die Abrechnung erfolgt bei den recherchierten Anbieter:innen im Abo-System. Das Erstellen des Marktplatzes übernimmt der Kunde mittels eines bereitgestellten Baukastensystems. Durch den Einsatz des Baukastensystems hat der Marktplatz begrenzte Individualisierungsmöglichkeiten, dafür können Kunden selbst mit wenig technischem Know-How und überschaubarem Budget ihren Online-Marktplatz erstellen und pflegen. (Team Hub 2022)

**Kaufen:** Alternativ zu diesem Miet-Geschäftsmodell besteht die Möglichkeit, einen Online-Marktplatz und dessen IT-Infrastruktur individuell erstellen zu lassen und dann als Produkt zu kaufen. Oft kann vom Anbieter auch ein Wartungsservice für die erstellte Webseite angeboten werden, der sich um technische Updates kümmert und bei Fragen ansprechbar ist. Diese Lösung scheint primär für große und langfristig angelegte Plattformen interessant, die ein hohes Maß an Individualisierbarkeit benötigen, da der Investitionsaufwand zu Projektstart ein Vielfaches der Jahresmiete für SaaS-Angebote beträgt (Recherchestand April 2023).

**Erweiterung eines bestehenden Onlineshops:** Als dritte Möglichkeit können einige bestehende eCommerce-Programme zu einem Multi-Vendor-Marketplace umgebaut werden (Team Hub 2022): Solche Plug-ins sind in der Regel für die am häufigsten genutzten Programme erhältlich. So kann aus einem klassischen Webshop mit vergleichsweise geringem Aufwand ein Marktplatz entstehen. Ob sich die dabei entstehenden Lösungen für C2C Abwicklungen eignen, muss im Einzelfall überprüft werden, da die im Verlauf der Recherche betrachteten Anbieter:innen zumeist einen ‚Multi-Vendor-Marktplatz‘ im Allgemeinen bewerben.

Die folgende Tabelle skizziert einen Überblick über einige gängige Anbieter:innen solcher Lösungen sowie einen Auszug aus deren Angebot sowie die zu erwartenden Preise (siehe Tab. 20).

Tab. 20: Beispielhafte Übersicht über gängige Anbieter:innen von Marketplace-Lösungen, Stand Mai 2023 (eigene Darstellung)

Anbieter	Preise	Leistungen (u. a.)
 <b>Finland</b>	Preise pro Monat bei halbjährlicher Rechnung Pro: Bis 1000 Benutzer 124 USD/Monat Growth: Bis 10k Nutzer 159 USD/Monat Scale: Bis 100k Nutzer 239 USD/Monat Optionen des Tarifs ‚Sharetribe Go‘	Online-Baukastensystem für einen C2C Marktplatz: unbegrenzt Traffic, Inserate, Bilder, Transaktionen, eigene Domain kann benutzt werden, kein Sharetribe-Branding
 <b>Niederlande</b>	‚Basic C2C E-Commerce Software‘: 10.000 € ‚Pro C2C E-Commerce Plattform‘ inkl. Android & IOS App: 32.000 €	Erstellen einer Marktplatzsoftware mit Back-End PHP, Core 2.0, JavaScript, und Front-End HTML5, CSS3, jQuery, Bootstrap, Angular 10 Jahre Support und Updates inkl.
 <b>Indien, USA, UAE</b>	Preise pro Monat bei jährlicher Rechnung ‚Marketplace‘: 208 USD/Monat	Bis zu 2000 Bestellvorgänge pro Monat, unbegrenzt viele Benutzer und Inserate, eigene Domain, keine Transaktionsgebühren, Suchmaschinenoptimierung, kostenpflichtige Add-ons möglich
 <b>USA</b>	Preise pro Monat bei monatlicher Rechnung Starter: Bis 10k Benutzer, 500-1000 USD/Monat Pro: Bis 25k Benutzer, 2000 USD/Monat Enterprise: Bis zu 10 Mio Inserate, 9900 USD/Monat bei jährlicher Rechnung	Online-Baukastensystem für eine Marktplatz-Webseite, Benutzeridentifizierte Domain Support, SEO, Kaufabwicklungstools, Optimierte Benutzung für mobile Endgeräte

## 4.5 Regionales Stoffstrommodell

In Deutschland stellt das Aufkommen an mineralischen Bau- und Abbruchabfällen den größten Abfallstrom dar. Da dieser weiterhin in großen Mengen anfallen wird und zum größten Teil nicht als Baumaterial wiederverwendbar ist, soll in diesem Abschnitt das Stoffstromsystem der mineralischen Abfälle aus dem Hochbau, insbesondere Bauschutt, und die möglichen Verwertungswege untersucht werden. Ziel ist es, zu untersuchen, wie sich das genannte Stoffstromsystem im Untersuchungsgebiet (Wissenschaftsstadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg) mittelfristig entwickeln könnte und welche Handlungsansätze sich daraus ergeben. Die Erhöhung der Nachfrage nach Recyclingmaterial aus Betonbruch für den Einsatzbereich in ungebundenen Tragstrukturen des Straßenbaus wird im Rahmen einer Ökobilanz untersucht, um die damit verbundenen Treibhausgasemissionen zu ermitteln.

### 4.5.1 Ermittlung von Aufkommen und Nachfrage bezüglich mineralischer Recyclingbaustoffe

In diesem Abschnitt soll die Entwicklung des Angebots an mineralischen Abfällen, besonders aus dem Hochbau, für das Untersuchungsgebiet – Wissenschaftsstadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg – abgeschätzt werden. Weiterhin wird qualitativ die Entwicklung der Nachfrage nach Recyclingmaterial in den für Bauschutt relevanten Verwertungswegen bestimmt.



---

#### 4.5.1.1 Betrachtete Stoffströme

Als sekundäre Gesteinskörnung (bzw. Recyclinggesteinskörnungen) werden Gesteinskörnungen bezeichnet, die durch die Aufbereitung mineralischer Abfälle hergestellt werden. Grundsätzlich werden diese Begriffe nur für Stoffströme verwendet, die für den Einsatz als Zuschlagstoff in Beton oder Asphalt bestimmt sind. Stoffströme für andere Einsatzbereiche, z. B. Schottertragschichten, Frostschutzschichten, Erdbau, Arbeitsraumverfüllung oder ungebundener Wegebau, werden normalerweise als ‚Gemisch‘ bezeichnet. Um eine Verwechslung mit der Abfallart ‚Gemisch‘ nach dem Europäischen Abfallverzeichnis (EAV) zu vermeiden, werden in diesem Abschnitt stattdessen die Begriffe ‚Recyclinggesteinskörnung‘, ‚Recyclingmaterial‘ und ‚Recyclingbaustoff‘ für gesteinsartige Recyclingmaterialien für alle Einsatzbereiche verwendet. ‚Gemisch‘ beschreibt hier nur die Abfallart EAV 17 01 07.

Die mengenrelevantesten mineralischen Abfallströme für die Bereitstellung von Recyclingbaustoffen sind Bau- und Abbruchabfälle, Straßenaufbruch, Schlacken aus der Eisen- und Stahlerzeugung, Flugaschen aus der Steinkohlefeuerung, Behälterglas und REA-Gips. Deutlich geringere Mengenströme weisen Materialien wie Hausmüllverbrennungsaschen, Gießereialsande, Schmelzgranulat und Kesselasche aus der Steinkohlefeuerung sowie Aschen und Schlacken aus der Braunkohlefeuerung auf (Steger et al. 2019). Als Recyclinggesteinskörnung werden von diesen Stoffströmen hauptsächlich Bau- und Abbruchabfälle, Straßenaufbruch und Schlacken aus der Eisen- und Stahlerzeugung eingesetzt, wobei letztere in Südhessen vernachlässigbar sind. In diesem Bericht spielen die Abfallgruppen Bauabfälle auf Gipsbasis, Bodenaushub und (gemischte) Baustellenabfälle eine untergeordnete Rolle, da diese nicht als höherwertige Recyclinggesteinskörnung eingesetzt werden. In diesem Abschnitt liegt daher der Fokus auf der Abfallgruppe Bauschutt. Für die Einschätzung der Nachfrage nach Recyclingbaustoffen aus dem Hochbau müssen auch Materialströme aus dem Straßenbau betrachtet werden, da diese – vor allem im Straßenbau selbst – in ähnlichen Anwendungen eingesetzt werden.

Bau- und Abbruchabfälle können entsprechend der Abfallschlüsselnummern des Europäischen Abfallverzeichnisses zugeordnet werden, welche den Abfallschlüsseln der deutschen AVV entsprechen. Die relevanten Abfallarten im Bereich Bauschutt sind laut (Steger et al. 2019): Beton (EAV 17 01 01), Ziegel (EAV 17 01 02), Fliesen, Ziegel und Keramik (EAV 17 01 03) und Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen die unter 17 01 06 fallen (EAV 17 01 07). Straßenaufbruch aus Asphalt, welcher nicht mit Kohlenteer belastet ist, wird der Abfallgruppe ‚Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen‘ (EAV 17 03 02) zugeordnet.

#### 4.5.1.2 Entwicklung des mineralischen Abfallaufkommens

Aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit für Stoffströme im Untersuchungsgebiet wird ebenfalls ein Augenmerk auf die bundesdeutsche Entwicklung gelegt.

#### Deutschland

Die ausführliche Betrachtung des mengenmäßigen Abfallaufkommens von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland in den Jahren 1996 bis 2017 geschieht anhand der Ergebnisse der statistisch erfassten Mengen im Monitoring-Bericht von Kreislaufwirtschaft Bau des Jahres 2016 (Kreislaufwirtschaft Bau 2018) und Steger et al. 2019. Letztere stützen sich auf die Ergebnisse der Fachserie 19 Reihe 1 des Statistischen Bundesamtes aus den Jahren 2009 bis 2015. Zur zeitlichen Vervollständigung werden die Ergebnisse der beiden Berichte um das Abfallaufkommen von Bau- und Abbruchabfällen aus dem Jahr 2017 anhand der Ergebnisse der Fachserie 19 Reihe 1 (Destatis 2019) ergänzt.

In Abb. 53 sind die Mengen (in Mio. t) an mineralischen Bau- und Abbruchabfällen zusammenfassend dargestellt und um den Durchschnittswert der aufgeführten Ergebnisse erweitert. Die Gesamtsummen der jährlichen Aufkommen werden oberhalb der jeweiligen Säule aufgeführt. Der Vollständigkeit halber werden für das Gesamtaufkommen an mineralischen Bauabfällen auch Mengen der Abfallgruppen Bodenaushub, Baustellenabfälle und Bauabfälle auf Gipsbasis erfasst.

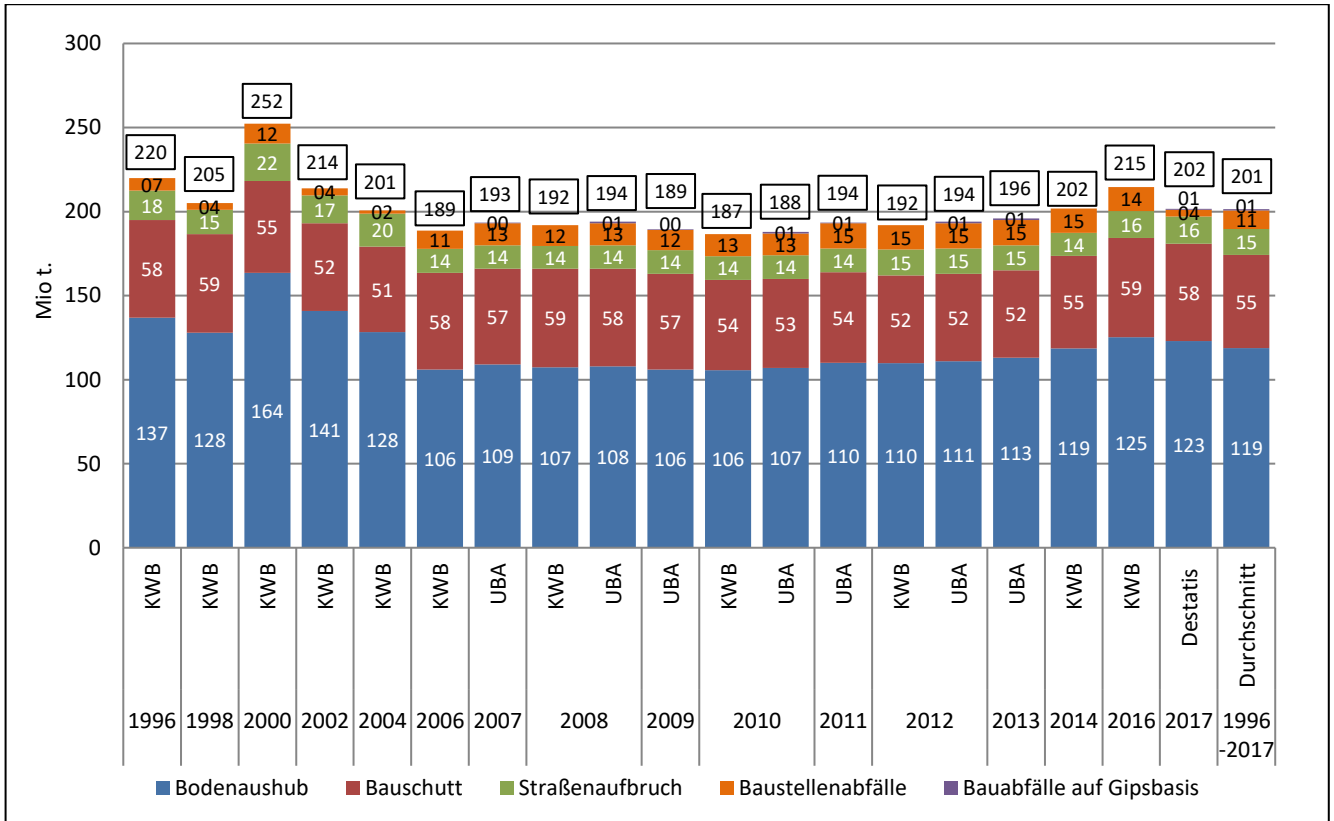


Abb. 53: Statistisch erfasste Menge mineralischer Bauabfälle in Deutschland, 1996-2017 (in Mio. t) (eigene Darstellung nach Steger et al. 2019; Kreislaufwirtschaft Bau 2018; Destatis 2019)

Die Produktionsmenge an Recyclingbaustoffen richtet sich direkt nach dem Aufkommen an Abfallmaterial und damit nach dem Umfang der Bau- und Abbruchaktivitäten (Schwarzkopp et al. 2016; Kreislaufwirtschaft Bau 2018). Das Aufkommen von Recyclingbaustoffen in Deutschland zwischen den Jahren 1996 bis 2016 (im Zweijahresturnus) ist Abb. 54 zu entnehmen. Das Gesamtaufkommen von Recyclingbaustoffen ist unterteilt in die Herkunft der Recyclingbaustoffe aus den Abfallgruppen Bauschutt, Straßenaufbruch, Boden und Steine und Baustellenabfälle.

Das Aufkommen der mineralischen Bauabfälle ist nur begrenzt prognostizierbar. Die Studie ‚Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland‘ des Bundesverbands Baustoffe Schwarzkopp et al. nehmen an, dass eine steigende Neubautätigkeit im Wohnungsbau mit zunehmendem Abbruch der bisherigen Bausubstanz einhergehen wird. Daher dürften aufgrund der hohen Nachfrage nach innerstädtischen Wohnungsanlagen bislang wenig flächeneffizient genutzte Wohnungsbestände in Teilen ersetzt werden. Der aufgestaute Sanierungsbedarf im Tiefbau (z. B. bei Straßenbrücken) spricht für steigende Ersatzinvestitionen und ist damit mit einem zunehmenden Aufkommen an mineralischen Bauabfällen verbunden. Der Anstieg der (Ersatz-)Neubautätigkeiten ist aufgrund der strukturellen Heterogenität der Baunachfrage nur eingeschränkt auf das Aufkommen an Recyclingbaustoffen übertragbar (Schwarzkopp et al. 2016).

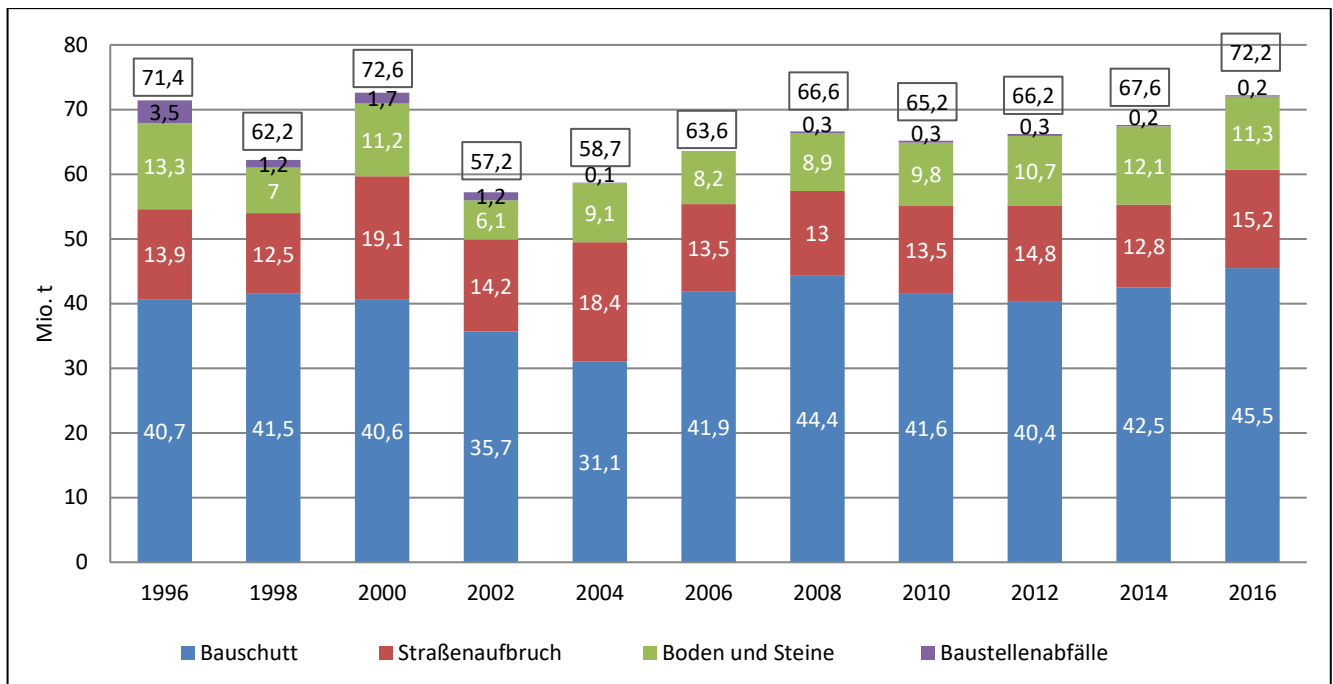


Abb. 54: Aufkommen an Recyclingbaustoffen in Deutschland 1996 - 2016<sup>5</sup> (eigene Darstellung auf Basis der Monitoring-Berichte 1 bis 11 (Kreislaufwirtschaft Bau 2018))

Abschätzungen zu möglichen Entwicklungen des Aufkommens an Recyclingmaterial sind aus (BBS 2018) übernommen. In der unteren Variante der Entwicklung von Recyclingbaustoffen bleibt die Menge auf dem Niveau von 2016 (siehe Abb. 55). Für die obere Variante (siehe Abb. 56) wird die Annahme getroffen, dass eine Zunahme maximal in Höhe der Hälfte der korrigierten Wachstumsrate des Bauvolumens (ca. 30,7 %) laut der Abschätzung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung erfolgt. Unter den wirtschaftlichen günstigen Rahmenbedingungen kommt es in diese Variante neben einer positiven entwickelnden Baukonjunktur auch verstärkt zum Ersatz von Bestandsbauwerken durch Abriss und Neubau. Dies führt zu einem Mehraufkommen an Recyclingbaustoffen. Es wird angenommen, dass es zu einer Steigerung von 15,4 % von Recyclingbaustoffen zwischen den Jahren 2013 und 2035 kommt (Schwarz Copp et al. 2016).

<sup>5</sup> Erst ab dem Jahr 2006 werden Recyclingbaustoffe aus der Fraktion Boden und Steine im KWB-Monitoring Bericht als Recyclingbaustoff betrachtet. Der Anteil aus der Fraktion Boden und Steine der in den Berichten für die Jahre 1996-2004, welche als Recycling entfiel, wird im Gesamtaufkommen mitberücksichtigt.

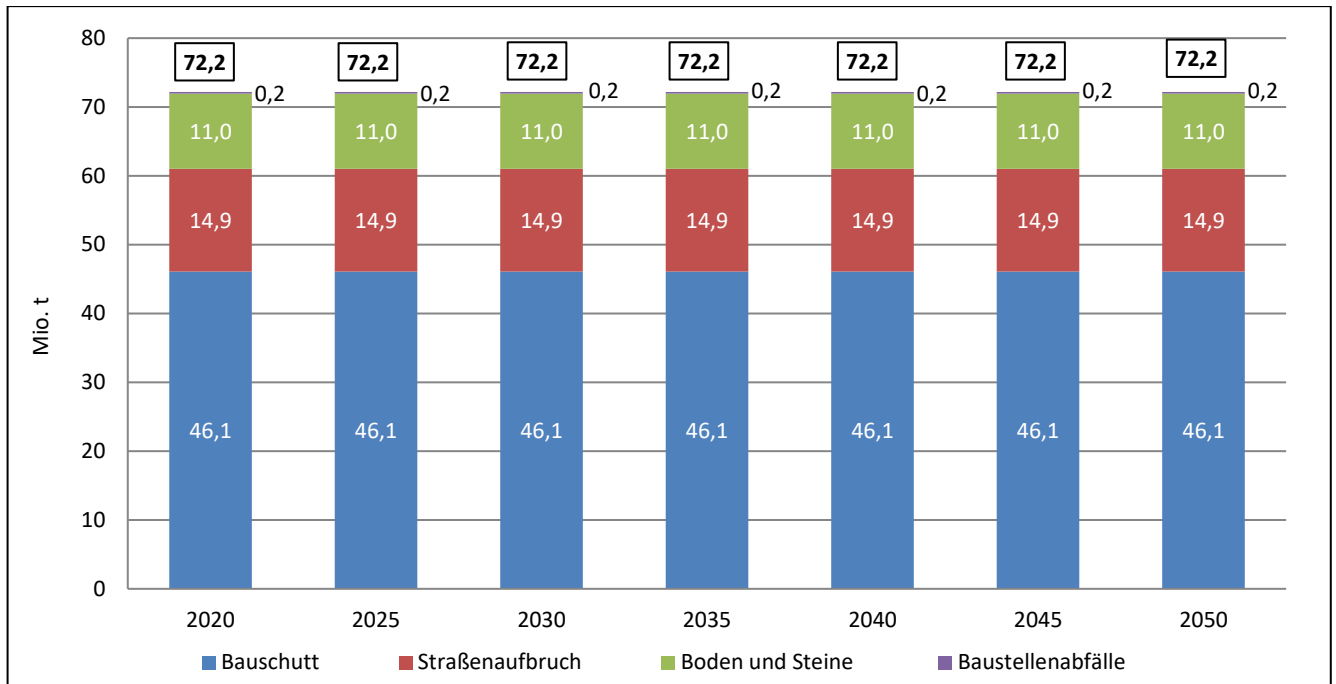


Abb. 55: Untere Variante des zukünftigen Aufkommens von Recyclingbaustoffen in Deutschland zwischen 2020 bis 2050 (eigene Darstellung basierend auf Schwarzkopp et al. 2016 und Kreislaufwirtschaft Bau 2018)

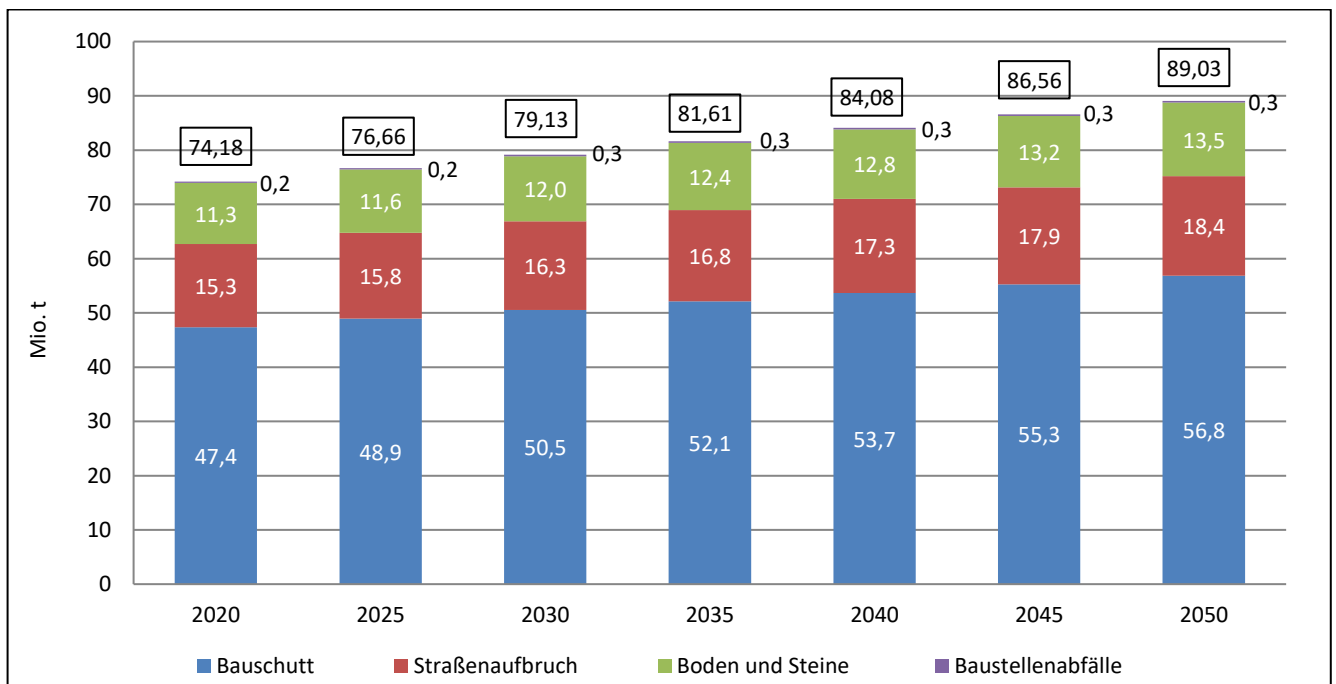


Abb. 56: Obere Variante des zukünftigen Aufkommens von Recyclingbaustoffen in Deutschland zwischen 2020 bis 2050 (eigene Darstellung basierend auf Schwarzkopp et al. 2016 und Kreislaufwirtschaft Bau 2018)

Da bereits im Jahr 2016 der Aufkommen an Recyclingbaustoffen mit 72,2 Mio. t (Kreislaufwirtschaft Bau 2018) über der Prognose der oberen Variante für das Jahr 2020 der Studie liegt, wurde in WieBauin anhand der durch Schwarzkopp et al. (2016) angenommen Ausgangssteigerung zwischen den Jahren 2013 und 2035 von 15,4 % (entsprechend einer Steigerung von 13,0 % zwischen den Jahren 2016 und 2035) ein Aufkommen von 81,6 Mio. t für das Jahr 2035 berechnet. Die Werte für die Jahre dazwischen und für die Jahre bis 2050 wurden

anhand des Aufkommens der Jahre 2016 und 2035 linear inter- bzw. extrapoliert. Um eine Prognose über die Herkunft der Recyclingbaustoffe aus den Abfallgruppen zu geben, wurde der durchschnittliche Anteil der Abfallgruppen am Gesamtaufkommen zwischen den Jahren 2006 und 2016 bestimmt (Bauschutt 63,9 %, Straßenaufbruch 20,6 %, Boden und Steine 15,2 %, und Baustellenabfälle 0,03 %) und auf das Gesamtaufkommen der Jahre 2020 bis 2050 der oberen und unteren Variante angerechnet.

### Stadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg

Südhessen (Regierungsbezirk Darmstadt) verfügte 2018 über 52 Anlagenbetreiber, die 64 stationäre sowie mobile Bauschuttzubereitungsanlagen bereitstellten. Ihre Gesamtkapazität umfasste ca. 2,8 Mio. t aufbereitete Bauabfälle, diese waren zu 71,2 % auf stationäre und zu 28,8 % auf mobile Anlagen verteilt. Im selben Jahr wurden 2,2 Mio. t Bau- und Abbruchabfälle in übertätigen Abbaustätten verfüllt, wovon ca. 100.000 t (4,6 %) auf insgesamt drei Betriebe im Landkreis Darmstadt-Dieburg entfielen. Im Regierungsbezirk Darmstadt existieren weiterhin 14 Anlagebetreiber und 17 Anlagen zur Behandlung von bituminös gebundenem Abfallmaterial. Die Menge an Straßenaufbruch bzw. Ausbauasphalt, die in Asphaltmischanlagen aufbereitet und verwertet wurde, lag im Jahr 2018 bei ca. 560.000 t. Darunter fallen 136.564 t (24,4 %) nach EAV 170302 nicht aufbereitete Bitumengemische zur Aufbereitung als Heißmischgut. (HSL 2020)

Das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV 2017) zeigt in der Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2016 die Baurestmassen, die nach Bauschutt (hier einschließlich Straßenaufbruch) und Bodenaushub unterteilt sind. Den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurden im Jahr 2016 ca. 172.000 t Bauschutt und Straßenaufbruch sowie ca. 58.000 t Bodenaushub überlassen, in Darmstadt waren es ca. 8.000 t Bauschutt und 763 t Bodenaushub (HMUKLV 2017). Im Abfallwirtschaftsplan des Landes Hessen von 2015 für Siedlungsabfälle und industrielle Abfälle (HMUKLV 2015) wurde dieses Aufkommen ebenfalls bestimmt (siehe Tab. 21). Innerhalb der Stadt Darmstadt wird hier von einer Reduzierung der anfallenden Menge an Bauschutt und Bodenaushub bis zum Jahr 2025 ausgegangen. Die privat entsorgten Mengen werden statistisch nicht erfasst, wodurch Gesamtmengen nicht ermittelt werden können.

Tab. 21: Prognose Bauschutt und Bodenaushub an öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger – Stadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg (2013-2025) (HMUKLV 2015)

Jahr	2013	2015 (Prognose)	2020 (Prognose)	2025 (Prognose)
Stadt Darmstadt				
Bauschutt [t]	8.784	7.500	7.100	7.000
Bodenaushub [t]	365	500	400	300
Landkreis Darmstadt-Dieburg				
Bauschutt [t]	169.647	170.000	170.000	170.000
Bodenaushub [t]	65.709	65.000	65.000	65.000

Tab. 21 veranschaulicht ein konstantes Aufkommen der Bauabfälle Bauschutt sowie des Bodenaushubs in Darmstadt und dem Landkreis Darmstadt-Dieburg bis 2025 (HMUKLV 2015). Hierbei ist zu beachten, dass im Rahmen der aufgestellten Abfallbilanz nur nicht gefährliche Gewerbe- und Bauabfälle, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen wurden, aufgezeigt sind. Baumassenabfälle kommen in einer deutlich größeren Menge vor (HMUKLV 2015). Privat entsorgte Massen sind auch in dieser Bilanz nicht enthalten.

Die Mengenangaben zur Gesamtheit der Bau- und Abbruchabfälle, die in Hessen oder den Verwaltungsbezirken jährlich anfallen, werden laut Korrespondenz mit dem Hessischen Statistischen Landesamt weder insgesamt noch aufgeschlüsselt nach Abfallarten erfasst. Es liegen also keine Daten zu den anfallenden Mengen an Bau- und Abbruchabfällen vor.

Dem Projekt WieBauin wurde jedoch durch das Hessische Statistische Landesamt für das Jahr 2018 eine Tabelle zu den in insgesamt drei Bauschuttzubereitungsanlagen mit Standort im Landkreis Darmstadt-Dieburg eingesetzten Abfällen zur Verfügung gestellt. Die Gesamtmenge der im Landkreis Darmstadt-Dieburg in Bauschuttzubereitungsanlagen behandelten Abfälle belief sich in 2018 auf 421.069 t. Davon waren 340.762 t Bauschutt und 35.854 t Straßenaufbruch (zusammen 376.616 t). Für den Bauschutt wurden die Mengen an Beton (164.572 t), Ziegel (2.260 t), Fliesen, Ziegel und Keramik (1.464 t) und Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik (172.466 t) getrennt erfasst. Es zeigt sich, dass Beton und Gemische die signifikantesten Stoffströme für die Aufbereitung in Bauschuttzubereitungsanlagen sind.

Für eine grobe Abschätzung des Gesamtaufkommens an Bauschutt und Straßenaufbruch im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurde die Annahme getroffen, dass für jede der oben genannten Abfallarten das Verhältnis von Inputmenge in Bauschuttzubereitungsanlagen zu dem Gesamtinput dieser Abfallarten in Abfallentsorgungsanlagen im Untersuchungsgebiet dem deutschen Durchschnitt entspricht. Dieses wurde je Abfallart anhand der Destatis Fachserie 19 Reihe 1 (Tabelle 1.1 und Tabelle 17.1, Spalte ‚Input insgesamt‘) für das Jahr 2016 berechnet (siehe Tab. 22). Diese Werte sind allerdings mit zusätzlicher Unsicherheit behaftet, da Bau- und Abbruchabfälle (sowie die weiteren aufgeführten mineralischen Abfälle) nicht unbedingt in dem Verwaltungsbezirk aufbereitet und wiedereingesetzt werden, in denen sie anfallen. Es kann daher keine sichere Aussage über die Menge des aus dem Verwaltungsbezirk des Anlagenstandpunktes stammenden Materials getroffen werden. Für die Stadt Darmstadt unterliegen diese Werte außerdem der statistischen Geheimhaltung und sind daher nicht bekannt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die innerhalb der Stadt Darmstadt aufbereiteten Mengen eher gering sind.

Tab. 22: In stationären Bauschuttzubereitungsanlagen eingesetzte Abfälle im Landkreis Darmstadt-Dieburg 2018 nach Abfallarten und daraus berechnetes Abfallaufkommen (basierend auf HSL 2020; Destatis 2019)

<b>Abfallart</b>	<b>Eingesetzte Abfälle [t]</b>	<b>Verhältnis Input Bauschuttzubereitungsanlagen zu Gesamtinput Abfallentsorgungsanlagen in Deutschland</b>	<b>Berechnetes Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen [t]</b>
Eingesetzte Abfälle insgesamt	421.069		
davon Bau- und Abbruchabfälle	376.616	—	502.160
davon Abfallgruppe Bauschutt	340.762	—	449.180
Beton (17 01 01)	164.572	0.94	174.451
Ziegel (17 01 02)	2.260	0.78	2.905
Fliesen, Ziegel und Keramik (17 01 03)	1.464	0.61	2.408
Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik (17 01 07)	172.466	0.64	269.415
davon Abfallgruppe Straßenaufbruch	35.854	—	52.980
Bitumengemische (17 03 02)	35.854	0.68	52.980

---

Um das Angebot an Bauschutt und daraus gewonnenen Recyclingbaustoffen im Untersuchungsgebiet zu bestimmen, fehlen belastbare Daten zum Gesamtaufkommen an Bauschutt, zur insgesamt aufbereiteten Menge an Bauschutt im Untersuchungsgebiet und zu den Mengen an Bauschutt und Recyclingbaustoffen, die über die Grenzen des Untersuchungsgebietes transportiert wurden. Die Unsicherheit der berechneten Werte zum Bauschuttanfall und zur deutschlandweiten Entwicklung des Aufkommens an Recyclingbaustoffen wurden weiterhin als zu hoch bewertet, um die Entwicklung des Aufkommens an Bauschutt und Recyclingbaustoffen im Untersuchungsgebiet (Stadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg) quantitativ darzustellen. Es kann nur qualitativ davon ausgegangen werden, dass im Untersuchungsgebiet das Angebot an Recyclingbaustoffen konstant bleibt oder leicht steigt.

#### **4.5.1.3 Entwicklung der Nachfrage in verschiedenen Verwertungswegen**

Im folgenden Abschnitt wird anhand recherchierter Daten qualitativ die Entwicklung der Nachfrage nach Recyclingbaustoffen aus Bauschutt in den relevanten Verwertungswegen untersucht. Dabei ist zu beachten, dass die zur Verfügung stehenden gewonnenen Sekundärrohstoffe und ihre Nachfrage eng mit der infrastrukturellen Planung, den rechtlichen Rahmenbedingungen, zum Beispiel den bauphysikalischen und chemischen Grenzwerten von Baustoffen, sowie der zukünftigen industriellen Entwicklung verbunden sind. Verschiedene planerische Instrumente wie Pläne und Konzepte sowie Statistiken auf Bundes- und Landesebene (Hessen) wurden herangezogen und sollen weitestgehend wichtige Informationen für mögliche Aufschlüsselungen geben. Diese Quellen wurden durch Experteninterviews ergänzt, um die Daten einordnen zu können und die Perspektiven der Entsorgung und Aufbereitung mineralischer Abfälle sowie der Vermarktung von Recyclingbaustoffen nachzuvollziehen.

Ein Großteil nichtmetallischer Mineralien wird der Verwertung zugeführt. Recyclingbaustoffe werden in einem aktiven Aufbereitungsprozess (Brechen / Sortieren / Klassieren) hergestellt (Schwarzopp et al. 2016). Steger et al. (2019) zeigen, dass in den Jahren 2007 bis 2013 durchschnittlich über 50 % des Outputs verfüllt, über 25 % dem Recycling im Straßenbau, knapp unter 10 % dem Recycling im Erdbau und ungefähr 1 % dem Recycling als Betonzuschlag und ca. 10 % einer Beseitigung zugeführt werden. Die Entwicklung der Entsorgungswege für nichtmetallische Mineralien ist in den Jahren 2007 bis 2013 einem konstanten Trend gefolgt – es kam lediglich zu einem leichten Rückgang der Abfälle zur Beseitigung (Steger et al. 2019). Die durchschnittliche Verwertungsquote hinsichtlich des jährlichen Aufkommens mineralischer Bauabfälle einschließlich der Fraktion Boden und Steine betrug für die Jahre 1996 bis 2006 im Schnitt 88,5 % (Kreislaufwirtschaft Bau 2018). Trotz hoher stofflicher Verwertung nichtmetallischer Mineralien sollte der Fokus auf das Recycling (anstatt Verfüllung) gelegt werden (Steger et al. 2019). Die im Jahr 2016 angefallenen 72,3 Mio. t Recyclingbaustoffe in Deutschland setzen sich zusammen aus 45,5 Mio. t Bauschutt (63 %), 15,2 Mio. t Straßenaufbruch (21 %), 11,3 Mio. t (16 %) Boden und Steine sowie 0,2 Mio. t Baustellenabfälle (Kreislaufwirtschaft Bau 2018). Dieses Aufkommen wurde deutschlandweit zu 52,8 % im Straßenbau, zu 22 % im Erdbau und zu 4,2 % in sonstigen Anwendungen (hauptsächlich Deponiebau) verwertet. Weitere 21 % wurden in der Asphalt- und Betonherstellung eingesetzt (Kreislaufwirtschaft Bau 2018). Im selben Jahr (2016) lag der gesamte Bedarf an Gesteinskörnungen bei 566,5 Mio. t. Dieser wurde somit zu 12,7 % durch Recyclingbaustoffe gedeckt.

Die hohe Recyclingquote des Straßenaufbruchs weist auf eine hohe Nachfrage hin. Diese wird gesteuert durch vertragliche Vorgaben der Straßenbauverwaltung und den Bedarf an kostengünstigen Alternativen zu Primärrohstoffen (Schmidmeyer 2014). Experteninterviews ergaben allerdings, dass die Nachfrage nach Recyclingbaustoffen im öffentlichen Straßenbau hauptsächlich durch In-Situ Recycling der bestehenden Deckschichten sowie der Schottertrag- und Frostschuttschicht geschieht. Da die öffentliche Hand Recyclingbaustoffen grundsätzlich kritisch gegenübersteht, spielt der Straßenbau in Südhessen praktisch keine Rolle für die Verwertung mineralischer Abfallströme aus dem Hochbau.

---

Im Jahr 2016 wurden die 58,6 Mio. t Bauschutt zu 77,7 % (45,5 Mio. t) recycelt, zu 16,1 % (9,4 Mio. t) im über-tägigen Bergbau verfüllt oder im Deponiebau eingesetzt und 6,2 % auf Deponien beseitigt (Kreislaufwirtschaft Bau 2018). Auch im Untersuchungsgebiet ist die Deponierung von Bauschutt vernachlässigbar. Daraus ergibt sich eine bundesweite Verwertungsquote von 93,8 %. Die Verwertung erfolgt allerdings hauptsächlich als kostengünstige Recyclingbaustoffe für Anwendungen mit geringen bautechnischen Anforderungen, die ungebunden im Straßen-, Wege- und Erdbau eingesetzt werden. Eine aufwendigere Aufbereitung zu qualifizierten Baustoffen mit definierten Eigenschaften ist noch selten (Knappe et al. 2015). Mauerwerk und Gemische sowie Boden und Steine werden nur in minderwertigen Verwertungswegen – Erdbau und Verfüllung im über-tägigen Bergbau – eingesetzt, wo oft Annahmegebühren erhoben werden. Im Untersuchungsgebiet ist Betonbruch der einzige Abfallstrom aus dem Hochbau, der für eine hochwertige Verwertung in überhaupt eine Rolle spielt. Dieser kann laut Experteninterviews in Frostschuttschicht und (vereinzelt) in Schottertragschichten im Straßenbau eingesetzt werden, findet aber auch im Erdbau Einsatz. Das HMUKLV beschreibt die Nachfrage an Recyclingbaustoffen als mangelnd. Dies beruht auf Vorbehalten, wodurch Recyclingbaustoffe bei Ausschreibungen keine Berücksichtigung finden. Diese Aussage konnte durch Experteninterviews bestätigt werden. Um dem entgegenzuwirken, wirbt das HMUKLV mit Verbänden der Bauwirtschaft bei Informationsveranstaltungen für ihren Einsatz. Die Nachfrage für Recyclingbaustoffe ist – sowohl deutschlandweit als auch in Südhessen – hauptsächlich der privaten Baubranche zuzuordnen. Die öffentliche Hand lehnt diese tendenziell ab (Knappe et al. 2015).

Mögliche Verwertungswege für Recyclingbaustoffe sind:

- Zuschlagstoff in Asphalt und Beton
- Schottertragschicht und Frostschuttschicht
- Arbeitsraumverfüllung
- Erdbau, Deponiebau und ungebundener Wegebau
- Verfüllung in über-tägigen Abbaustätten

Experteninterviews haben ergeben, dass die verschiedenen Verwertungswege unterschiedlich qualifiziert sind. Dies bedeutet, dass es unterschiedliche Ansprüche an die technischen Eigenschaften und stofflichen Zusammensetzungen des Materials gibt. Diese Faktoren sind abhängig von der Aufbereitung und dem Abfallmaterial. Aus diesem Grund sind nicht alle Verwertungswege für alle Abfallströme geeignet. Die Verwertungswege werden deshalb im Folgenden getrennt betrachtet. Eine eindeutige Rekonstruktion der quantitativen Zusammenhänge zwischen Herkunft und Verwertungsweg ist nicht möglich, was auch durch (Steger et al. 2019) bestätigt wurde. Prognosen für die Entwicklung der Nachfrage der Stadt Darmstadt und des Landkreises Darmstadt-Dieburg nach Recyclingbaustoffen sind aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit zusätzlich erschwert und können nur qualitativ erfolgen. Im Folgenden werden die Verwertungswege diskutiert und die Entwicklung der Nachfrage nach Recyclingbaustoffen aus dem Hochbau qualitativ bewertet.

## **Asphalt**

Aufgrund der hohen technischen Anforderungen ist eine Verwertung mineralischer Abfälle aus dem Hochbau als Gesteinskörnung in Asphalt nicht zu erwarten. Es erfolgt jedoch ein Recycling von Ausbauasphalt, dessen Betrachtung für den Verwertungsweg in ungebundenen Tragschichten (Schottertragschicht und Frostschuttschicht) relevant ist. Asphaltgranulat wird als Ausbauasphalt definiert, welcher durch Fräsen (ggf. mit anschließender zusätzlicher Zerkleinerung) oder durch Aufbrechen von Schollen mit anschließender Zerkleinerung gewonnen wurde (DAV 2014). Als Ausbauasphalt bzw. Altasphalt werden bitumen- und teerhaltige Materialien aus Straßendecken und Dichtungsschichten bezeichnet (Steger et al. 2019). Pechhaltiger Straßenaufbruch gilt als gefährlicher Abfall und muss beseitigt werden. Dies erfolgt in Deutschland bisher als Deponierung. In den Niederlanden erfolgt durch die Firma REKO BV eine Aufbereitung des belasteten Asphaltmaterials, in der das pechhaltige Bindemittel verbrannt und der Zuschlagstoff zurückgewonnen wird.



Die höchstwertige Verwertung von Ausbausphalt stellt der Wiedereinsatz von Asphaltgranulat bei der Produktion von neuem Asphaltmischgut im Heißverfahren dar (DAV 2019). Dies ist der höchstwertige Einsatz, da nicht nur Gestein eingespart, sondern auch Bindemittel (Bitumen) ersetzt werden kann. Die Wiedereinsatzrate lag in den Jahren 2010 bis 2019 bei durchschnittlich 85,5 % (DAV 2020). Durch technische Maßnahmen (z. B. Zugabe von Rejuvenatoren zur Verjüngung des gealterten Bindemittels) und Anpassung der technischen Regelwerke sollen die Zugaberaten von Asphaltgranulat bei der Asphaltherstellung noch erhöht werden (DAV 2019).

Die hohe Recyclingrate von Ausbausphalt wird auch in Abb. 57 verdeutlicht. Zu beachten ist an dieser Stelle, dass das Aufkommen an unbelastetem Ausbausphalt nach dem Deutschen Asphaltverband e.V. unter die Abfallschlüssel-Nr. 17 03 02 (Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen) fällt (DAV 2020). Kreislaufwirtschaft Bau bezieht sich in Ihrem Monitoring-Bericht für das Aufkommen des mineralischen Bauabfalls ‚Straßenaufbruch‘ ebenfalls auf die Abfallschlüsselnummer 17 03 02. Hierbei lässt sich feststellen, dass die ausgegebenen Werte des Deutschen Asphaltverbands (DAV) etwas geringer ausfallen, als die der Monitoring-Berichte von Kreislaufwirtschaft Bau für ‚Straßenaufbruch‘ (siehe Abb. 53) und sie somit ebenfalls geringer sind als die ausgegebenen Werte für die Abfallschlüsselnummer EAV 170302 der Fachserie 19 Reihe 1 Tab. 1.1 des Statistischen Bundesamtes.

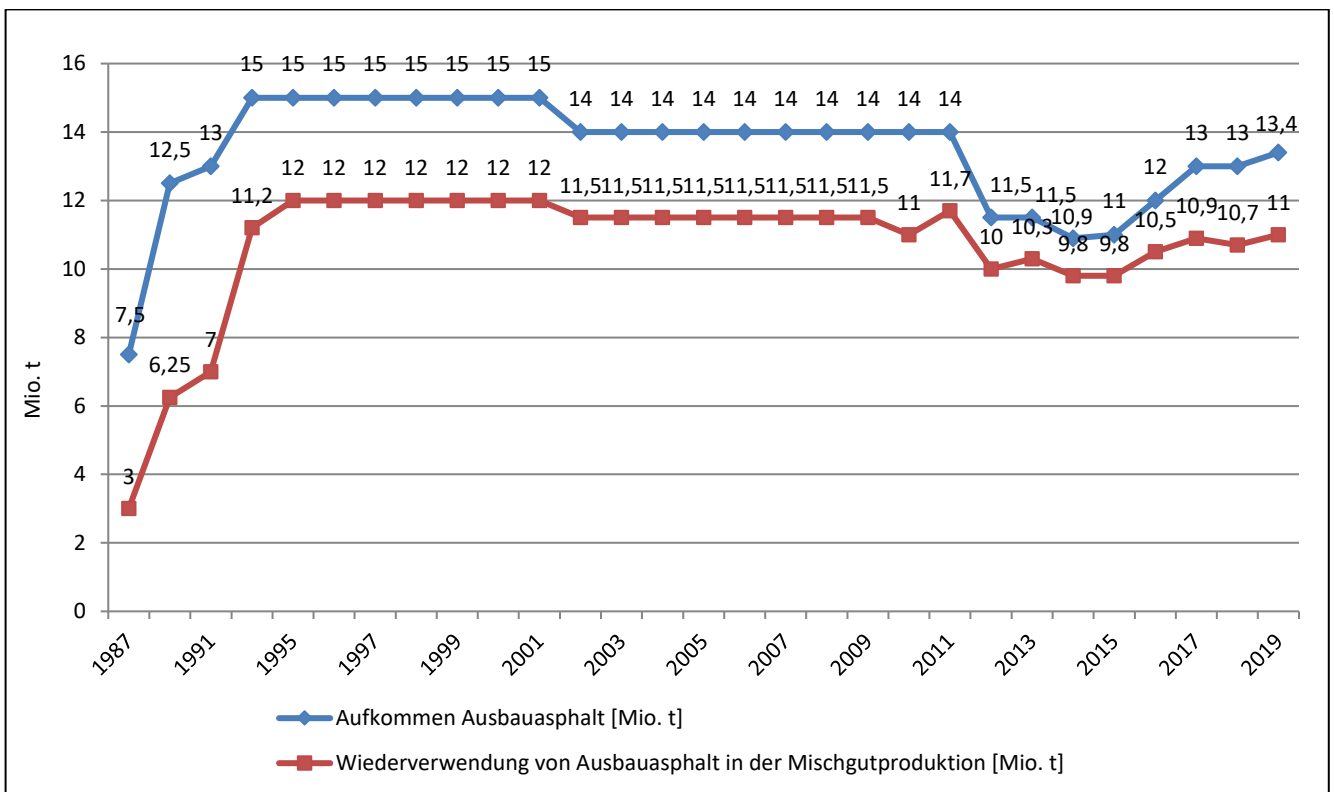


Abb. 57: Aufkommen von Ausbausphalt und Wiedereinsatz in der Mischgutproduktion in Deutschland zwischen 1987 und 2019 (basierend auf DAV 2020)

Bei einem Anteil des anfallenden Asphaltgranulats erfolgt ein Downcycling im Straßenunterbau und ähnlichen Anwendungen wie in Schichten ohne Bindemittel oder Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln (Steger et al. 2019; DAV 2019). Eine Korrespondenz mit dem DAV hat ergeben, dass der Rest gelagert oder deponiert wird. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und die Straßenbauasträger haben sich darauf geeinigt, pechhaltigen Straßenaufbruch aus dem Stoffkreislauf zu entnehmen und zukünftig tendenziell einer thermischen Behandlung bzw. Verbrennung zuzuführen (oder auf Deponien abzulagern). Bei dieser Verwertung wird das pechhaltige Material verbrannt und der organische Anteil energetisch verwertet. Der ehemals

---

als Zuschlag eingesetzte Splitt verbleibt als Rückstand und kann als solcher wieder in die Asphaltindustrie zurückgeführt werden. Der Materialkreislauf würde sich um den Bindemittelanteil von etwa 5 % (Masse) reduzieren. Sollte die Entsorgung jedoch zunächst über Anlagen in den Niederlanden erfolgen, da diese bereits eine zugelassene Entsorgung dieser Materialien und Entsorgungskapazitäten vorweisen, wäre die Gesteinskörnung für den deutschen Baustoffmaterialkreislauf nicht verfügbar (Knappe et al. 2015).

Fazit: Ein Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen aus dem Hochbau in Asphalt ist aufgrund der hohen physikalischen Belastung und den damit verbundenen technischen Anforderungen nicht zu erwarten.

## **R-Beton**

Bereits heute können Recyclinggesteinskörnungen mit gleichwertigen Eigenschaften wie primäre Rohstoffe als Zuschlagstoff für Beton im konstruktiven Bau gewonnen werden. Hierbei ist jedoch der erhebliche Aufwand aufgrund der Qualitätssicherung der chemischen Eigenschaften hervorzuheben (Steger et al. 2019). Dies gilt allerdings bisher nur für Betonschutt. Der Einsatz von Mauerwerk ist laut Experteninterviews noch umstritten, da dieses nicht volumenstabil ist. Knappe et al. (2015) gehen davon aus, dass die Massen an Altbetonen aus dem Straßenbau, die sich nicht in ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebbaus vermarkten lassen, einen Absatz als Gesteinskörnung für die Betonproduktion finden werden. Experteninterviews haben ergeben, dass der Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen in R-Beton im Untersuchungsgebiet noch keine signifikante Rolle spielt. Es hat allerdings schon Modellversuche in diesem Bereich gegeben. Als Vorzeigeprojekte in diesem Bereich in Deutschland sind das Hundertwasserhaus in Darmstadt und der Neubau des UBA in Dessau-Roßlau zu nennen.

Laut Aßbrock (2019) ist ein großer Teil der in Deutschland eingesetzten Standardbetone bis zur Druckfestigkeitsklasse C25/30 für den Einsatz sekundärer Gesteinskörnungen geeignet. Im Jahr 2017 hat die deutsche Transportbetonindustrie insgesamt 33 Mio. m<sup>3</sup> dieser Betone abgesetzt. Unter der Annahme, dass sich 80 % dieser Menge für den Einsatz rezyklierter Gesteinskörnung eignen, ergibt sich daraus ein deutschlandweites Nachfragepotenzial von jährlich etwa 19,5 Mio. t Betonsplitt (Typ 1) und 14 Mio. t Bauwerkssplitt (Typ 2) (Aßbrock 2019). Von den im Jahr 2018 insgesamt hergestellten 73,3 Mio. t Recycling-Baustoffen (Kreislaufwirtschaft Bau 2021) wird derzeit lediglich ca. 1 % als Gesteinskörnung für die Betonherstellung eingesetzt. Somit reicht das Angebot derzeit bei weitem nicht aus, um die Nachfrage nach Gesteinskörnungen für Beton zu decken. Die anhaltende hohe Nachfrage nach natürlicher Gesteinskörnung führt parallel zu deutlichen Preissteigerungen, sodass die aufwendigere Aufbereitung von Recyclingmaterial für die Betonherstellung für die Aufbereitungsunternehmen zunehmend interessanter wird (Schwenk Zement GmbH & Co. KG 2021).

Darmstadt stellt sich als Oberzentrum durch die Besonderheit als Universitätsstadt und die Nähe zu internationalen Wirtschafts- und Verkehrsknoten wie Frankfurt am Main und den Frankfurter Flughafen zu einer stark nachgefragten Wohn- und Arbeitsstätte dar. Laut Kirchner und Rodenfels (2017) wird die Entwicklung von Wirtschaftshaushalten im Regierungsbezirk Darmstadt (Südhessen) von 1.919.300 (2014) um 313.322 auf 2.232.622 (2040) prognostiziert. Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wird eine Steigerung von 15.804 und in der Stadt Darmstadt von 17.309 Wirtschaftshaushalten zum Basisjahr 2014 erwartet (Kirchner und Rodenfels 2017). Knappe et al. (2015) gehen ebenfalls von einer Steigerung der Anzahl der Wirtschaftshaushalte in der Stadt Darmstadt und im Landkreis Darmstadt-Dieburg zwischen den Jahren 2020 und 2040 aus.

Fazit: Laut Experteninterviews spielt der Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen in Beton in Südhessen bisher keine Rolle für die Verwertung mineralischer Abfälle aus dem Hochbau. Da dies jedoch für Beton (und ggf. Ziegel) technisch möglich ist, besteht ein beträchtliches Potenzial für ein hochwertiges Recycling von Betonbruch und ggf. Ziegelbruch in R-Beton. Der Bedarf an Wohneinheiten in der Stadt Darmstadt und dem Landkreis Darmstadt-Dieburg steigt. Weiterhin geht der Trend weiterhin zum Bau mit Beton. Dies führt zu einer steigenden

---

Gesamtnachfrage nach Gesteinskörnungen für Beton. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage nach Gesteinskörnungen als Zuschlagstoff in Beton das Angebot an Recyclinggesteinskörnung in Zukunft übersteigt.

### **Schottertragschicht und Frostschutzschicht**

Im Straßenbau werden Recyclinggesteinskörnungen für Frostschutzschichten und Schottertragschichten als Ersatz von primären Rohstoffen eingesetzt (Knappe et al. 2015). Diese stammen größtenteils aus dem Straßenbau selbst, da hier überwiegend In-Situ verwertet wird. Es lassen sich allerdings nicht alle anfallenden Altmaterialien aus den ungebundenen Schichten der Straßen aus technischer Sicht als Frostschutz- oder Schottertragschicht wieder vollständig in den Oberbau von Straßen zurückführen, da Belastungen aus dem Straßenverkehr und Frostdurchgänge zu einem Anstieg des Feinmaterialanteils führen. Durch einen zu hohen Feinanteil am Straßenbaumaterial ist die Drainagefunktion nicht mehr gewährleistet. Soll das Altmaterial aus den ungebundenen Schichten in den Straßenkörper rückgeführt werden, muss der Feinanteil reduziert werden. Zudem fällt Feinmaterial als Brechsand auch bei der Aufbereitung der Altmaterialien an (Knappe et al. 2015). 2016 wurden 15,2 Mio. t (95,4 %) der Fraktion Straßenaufbruch direkt recycelt (Bleher et al. 2017). Je nach Rückführungsrate der Altasphalte in die Heißasphaltemischwerke verleiben – auch nach Ausschleusung von pechhaltigem Material – erhebliche Mengen, die sich in die Herstellung von Frostschutzschicht und Schottertragschicht einbinden ließen (Knappe et al. 2015). Hieraus lässt sich laut Experteninterviews zumeist die Menge an auszuschleusendem Feinmaterial ausgleichen. Dies bedeutet einerseits, dass wenig Material aus Straßenbaumaßnahmen als Recyclingmaterial gehandelt wird und andererseits, dass die Nachfrage im Straßenbau nach zusätzlichem Recyclingmaterial gering ist. Der Deutsche Asphaltverband e.V. konnte dem Projekt WieBauin nicht mitteilen, welche Menge an Altasphalt in Frostschutzschicht und Schottertragschicht verwertet wird. Für den Einsatz sekundärer Gesteinskörnungen im Straßenbau wurden dem Projekt WieBauin von der Landesbehörde Hessen Mobil (Baulastträger für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in Hessen) auf Nachfrage folgende Informationen bereitgestellt:

- Ausbauasphalt (ohne pechhaltiges Material) wird in Asphaltmischwerken neuem Asphalt zu 30-50 % (untere Asphaltsschichten) bzw. max. 15 % (Deckschicht von schwächer belasteten Straßen) beige-mischt.
- Material aus Schottertragschichten wird wieder in Schottertragschichten eingesetzt.
- Wenn möglich, wird der vorhandene Straßenaufbau nicht erneuert, sondern lediglich abgefräst und mit neuem Asphalt überbaut.
- Anfallender Beton (inkl. Bordsteine, Pflaster und Platten) wird aufbereitet und in der Frostschutzschicht wiedereingesetzt.

Eine signifikante externe Nachfrage nach Material für Schottertragschicht und Frostschutzschicht im Straßenbau entsteht also nur durch Straßenneubau und Straßenerweiterungen, nicht aber durch Erneuerungsmaßnahmen.

Die Entwicklung des Straßennetzes hängt nicht nur von der Notwendigkeit des Zu-, Aus- (Veränderung Querschnitt) oder Rückbaus sowie von Erhaltungsmaßnahmen ab. Die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen kann auch als „Resultat vorhandener Finanzmittel betrachtet“ werden (Knappe et al. 2015). Grundsätzlich nimmt deutschlandweit der Neubau von Straßen ab, während die Erhaltung von Bestandsstrecken zunimmt (Korrespondenz DAV). Straßenbaumaßnahmen hängen klar mit der vorhandenen Finanzierung zusammen. Sollte das aktuelle Hoch an Investitionen in den Straßenbau abflachen, wird dies zu weniger Baumaßnahmen führen (Korrespondenz DAV).

Maßnahmen bezüglich Zu-, Aus- (Veränderung Querschnitt) oder Rückbau sowie Erhaltungsmaßnahmen von Straßenkörpern werden im Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 2030 zusammengefasst (BMVI 2016). Der BVWP

zeigt alle Straßenprojekte differenziert nach Dringlichkeitseinstufungen auf. Im Folgenden wird der Erneuerungsbedarf sowie der Straßenbau anhand des Investitionsbedarfs veranschaulicht. Dabei werden für neue Vorhaben Dringlichkeitsstufen ausgelegt: Vordringlicher Bedarf (VB) und Vordringlicher Bedarf - Engpassbeseitigung (VB-E) sowie Weiterer Bedarf (WB). VB/VB-E sollen bis zum Jahr 2030 umgesetzt bzw. begonnen werden (BMVI 2016). Von den 132,8 Mrd. €, welche in Bundesverkehrsstraßen investiert werden, fallen 50,5 % auf die Erhaltung bzw. den Ersatz und 25,7 % auf den Aus- und Neubau der Straßen im Zeitraum 2016 bis 2030 zurück. Die prozentuale Aufteilung der Investition veranschaulicht, dass der Investitionsbedarf in Erhaltungsmaßnahmen doppelt so hoch ist wie für neu ausgelegte Projekte. Für ein Planspiel des UBA zur Gesetzesfolgenabschätzung bezüglich der Mantelverordnung (Bleher et al. 2017) wurde der BVWP 2030 herangezogen. Die Pläne des Bundes dienen der Bestimmung des Ressourcenbedarfs und damit des Potentials für Ersatzbaustoffe. Tab. 23 veranschaulicht die Konzeptergebnisse für den Straßenbau bis 2030.

Tab. 23: Ausgangs- und Zielnetz 2030 im Straßenbau in Deutschland nach Bleher et al. 2017

(Stärkster Zuwachs)	Ausgang (km)	Ziel (km)	Zuwachs (km)	Zuwachs (%)
<b>Bundesautobahn (5)</b>	12.932	13.812	880	6,8
<b>Äste der BAB (6)</b>	5.470	5.559	89	1,6
<b>Bundesstraßen (4)</b>	41.461	45.104	3.643	8,7
<b>Landstraßen (3)</b>	87.325	93.067	5.742	6,6
<b>Kreisstraßen (2)</b>	91.877	98.262	6.385	6,9
<b>Gemeindestraßen (1)</b>	450.770	482.925	32.155	7,1
<b>Summe</b>	689.855	738.729	48.874	7,1

Die zur Erreichung des Das Netz soll um 48.874 km auf 738.729 km ausgebaut werden, es verzeichnet somit einen Zuwachs von 7,1 %. Gemeindestraßen werden mit 32.155 km am stärksten ausgebaut, gefolgt von Kreisstraßen mit 6.385 km und Landstraßen mit 5.742 km. deutschlandweiten Zielnetzes 2030 notwendige Menge an ungebundenem Material beträgt bis 2030 laut Bergmann et al. (2015) jährlich 2,5 Mio. t für Erneuerungen und 12 Mio. t für Neu- und Ausbau. Der gesamte mineralische Baustoffbedarf (Asphalt, Beton, ungeb. Material) liegt zum Bau des Zielnetzes in 2030 nach Bergmann et al. (2015) bei jährlich 58,4 Mio. t. Knappe et al. (2015) schätzten den mineralischen Baustoffbedarf für den Straßen- und Wegebau anhand mehrerer Szenarien ab. Die Szenarien für 2030 nach Knappe et al. (2015) weisen hingegen einen Gesamtbedarf an mineralischen Baustoffen zwischen 99,1 Mio. t und 127 Mio. t für Straßen und Bauwerke auf. Vor allem im Bereich der Erneuerung nehmen Knappe et al. (2015) für ungebundene Materialien jährlich etwa um 27-37 Mio. t höhere Werte an.

Ein Ausschnitt aus dem Projektinformationssystem (PRINS) in Abb. 58 soll einen Einblick in den Ausbaubedarf des Landkreises Darmstadt-Dieburg geben.

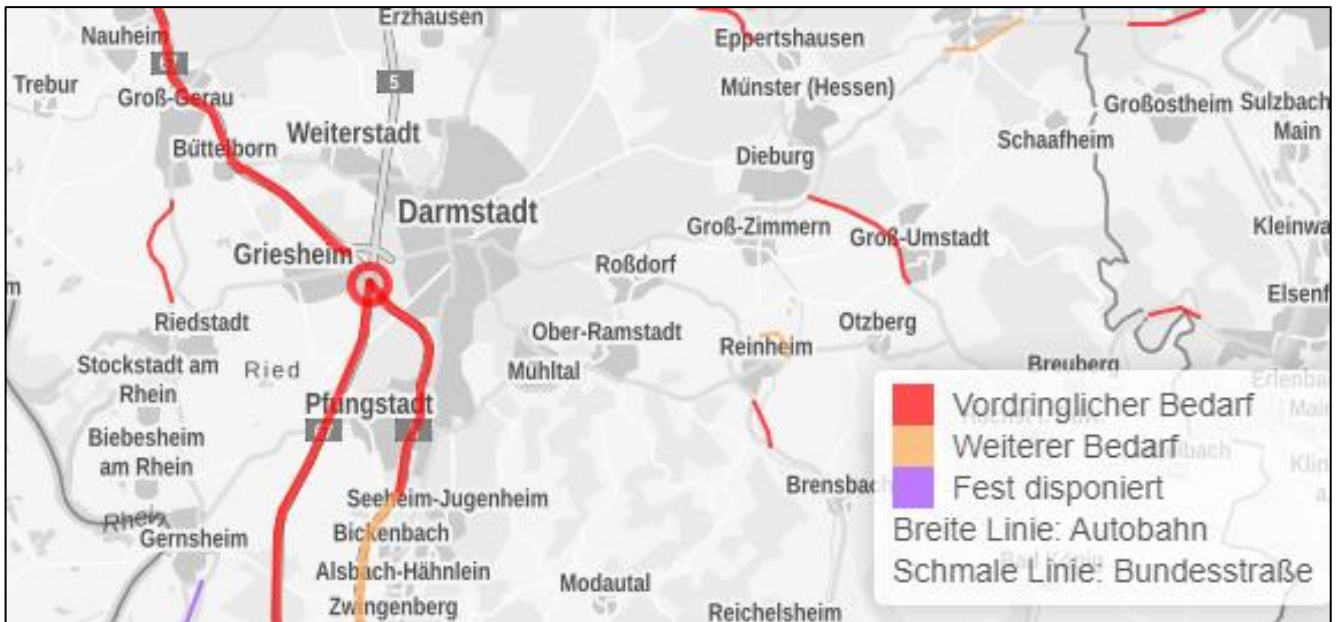


Abb. 58: Ausschnitt PRINS: Bundesbedarfsplan 2030 - Landkreis Darmstadt-Dieburg (BMVI 2021)

Die Karte veranschaulicht vordringlichen (rot) sowie weiteren (gelb) Bedarf des Ausbaus von Autobahnen und Bundesstraßen in Südhessen bis 2030. Der vordringliche und sonstige Bedarf umfasst Stand 2021 im Landkreis Darmstadt-Dieburg folgende Projekte (BMVI 2021):

- **A 5** AK Darmstadt (Aus / Neubau eines Knotenpunktes)
- **A 5** AS Seeheim-Jugenheim - AK Darmstadt (Erweiterung um 2 auf 6 Fahrstreifen; 9,8 km)
- **A 67** AK Darmstadt - AD Rüsselsheim (Erweiterung um 2 auf 6 Fahrstreifen; 15,0 km)
- **A 67** n AS Lorsch - AK Darmstadt (Erweiterung um 2 auf 6 Fahrstreifen; 21,5 km)
- **B 45**: Dieburg - Groß-Umstadt (Erweiterung um 2 auf 4 Fahrstreifen; 5,9 km)
- **B 38**: OU Groß-Bieberau (2-streifiger Neubau; 2,1 km)
- **B 486**: OU Rödermark-Urberach (2-streifiger Neubau; 5,2 km)
- **B 26**: OU Babenhausen (2-streifiger Neubau; 3,8 km)
- **B 426**: OU Reinheim (2-streifiger Neubau; 1,9 km)

Es handelt sich insgesamt um den Bau von zwei Fahrstreifen (entweder als zweispurige Erweiterung oder als zweispurigen Neubau) über 65,2 km sowie den Neubau eines Knotenpunktes bis 2030.

Auch Hessen legt auf Landesebene die Priorität in die Sanierung von Landstraßen im Zeitraum von 2015 bis 2022. Hierfür werden 58,1 %, von den zur Verfügung stehenden Mitteln (385 Mio. €) investiert. Dabei obliegen 46,1 % der Fahrbahnsanierung (292 Projekte) und 14,3 % der Bauwerksinstandhaltung (112 Projekte) von Landstraßen. Etwa 39 % werden dem Um- und Ausbau (126 Projekte) zugeschrieben. Der Anteil des Budgets für Erhaltungsmaßnahmen ist von 72 % im Jahr 2014 auf 83 % in 2019 angewachsen (HMWEVW 2015).

Knappe et al. (2015) gehen anhand des Referenzszenarios ihrer Studie für 2030 von einem jährlichen mineralischen Baustoffbedarf des Regierungsbezirks Darmstadt (Südhessen) von 1,527 Mio. t Asphalt und 1,329 Mio. t Material für ungebundene Schichten für den Straßen- und Wegebau aus. Die genannten Altasphalt-Rückführungsquoten von Hessen Mobil liegen unterhalb der prognostizierten Rückführungsquoten (75-100 %) in Knappe et al. (2015), welche allerdings explizit darauf hinweisen, dass zur Umsetzung einer höheren Rückführungsquote Heiasphaltemischwerke technisch dafür ausgelegt werden müssen. Beim Wiedereinsatz der ungebundenen Schicht (Schottertragschicht und Frostschutzschicht) gehen Knappe et al. (2015) von einer zukünftigen Rückführungsquote zwischen 25 % und 75 % aus, wohingegen die Informationen von Hessen Mobil vermu-

---

ten lassen, dass zumindest die Schottertragschicht in Südhessen vollständig als Schottertragschicht wiedereingesetzt wird. Die aktuelle Rückführungsquote von Beton und Pflaster nach Hessen Mobil entspricht in etwa der Quote von Knappe et al. (2015).

Anfallende Altbetone aus dem Straßenbau dürfen nach den Regelwerken für Frostschutzschichten im Straßenbau bis zu einem Anteil von 30 % enthalten sein Knappe et al. (2015). Der Straßenbau unterliegt allerdings zum überwiegenden Teil der öffentlichen Hand. Diese lehnt den Einsatz von Recyclingbaustoffen in Frostschutzschichten und Schottertragschichten sowohl deutschlandweit als auch laut Experteninterviews speziell in Südhessen tendenziell ab. Dies ist auch dann der Fall, wenn die Recyclingbaustoffe einer Qualitätssicherung nach den ‚Technischen Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau‘ (TL SoB StB) unterliegen. Die technischen Eigenschaften von Mauerwerksschutt sind laut Experteninterviews aufgrund möglicher Setzung umstritten. Mauerwerksschutt findet daher auch in geringen Mengen keine Akzeptanz für den Einsatz in Schottertragschichten und Frostschutzschichten, obwohl auch dieser nach TL SoB StB mit bis zu 30 % beigemischt werden darf. Die Mangelnde Akzeptanz für Recyclingbaustoffe im Straßenbau kann in Regionen mit geringer regionaler Verfügbarkeit von Naturgestein durch eine deutlich günstigere Verfügbarkeit im Vergleich zu Primärmaterial ausgeglichen werden. (Knappe et al. 2015)

Der Einsatz von Betonbruch als Frostschutzschicht ist auch bei privaten und gewerblichen Baumaßnahmen möglich, z. B. bei der Errichtung von Fachmarktzentren, Einkaufsmärkten und Logistikhallen. Aufgrund der Vorbehalte der öffentlichen Hand gegenüber Recyclingbaustoffen findet der Einsatz von Betonbruch als Schottertragschicht und Frostschutzschicht im Rhein-Main-Gebiet hauptsächlich bei privaten und gewerblichen Baumaßnahmen statt. Mengen werden hierzu nicht erfasst. Dieser Einsatzweg könnte laut Experteninterviews in Zukunft abnehmen, falls der Bau-Boom der oben genannten Gebäudetypen nachlässt.

Fazit: Eine Nachfrage nach Gesteinskörnungen ist im Straßenbau aufgrund der hohen In-Situ-Verwertungsrate in der Regel nur bei Straßenneubau und Straßenerweiterungen gegeben. Diese Baumaßnahmen nehmen tendenziell ab, während Erhaltungsmaßnahmen zunehmen. Aufgrund der ablehnenden Haltung der öffentlichen Hand ist die Nachfrage nach Recyclingmaterial für ungebundene Tragschichten im Straßenbau bisher sehr gering. Abhängig von Ausschreibungen der öffentlichen Hand besteht hier ein großes, aber tendenziell sinkendes Nachfragepotenzial für Betonbruch und ggf. Ziegelmaterial. Der Einsatz in privaten Baumaßnahmen wird weiterhin stattfinden, könnte aber abnehmen. Der Einsatz anderer Materialien in Schottertragschichten und Frostschutzschichten ist auch in Zukunft unwahrscheinlich.

### **Arbeitsraumverfüllung**

Die Arbeitsraumverfüllung ist eine qualifiziertere Verwertung für Recyclingmaterial als die Verfüllung in übertägigen Abbaustätten. Laut Experteninterviews fallen hierfür in der Regel keine Kippgebühren an. Die zu erzielenden Preise liegen allerdings deutlich unter denen für Frostschutz- und Schottertragschichten. Laut Experteninterviews könnte hierfür auch weniger hochwertiges Material wie Mauerwerksschutt zum Einsatz kommen, da eine mögliche Setzung in diesem Einsatzbereich vertretbar wäre. Dies findet laut Experteninterviews im Rhein-Main-Gebiet bisher nicht statt.

Fazit: Die Arbeitsraumverfüllung ist technisch möglich und stellt ein Nachfragepotenzial für Mauerwerksschutt dar, allerdings mit niedrigen Erlösen.

### **Erdbau, Deponiebau und ungebundener Wegebau**

Im Erdbau, Deponiebau und Wegebau gibt es eine Vielzahl an unterschiedlich qualifizierten Einsatzbereichen für Recyclingmaterial. Im Erdbau werden Recyclingmaterialien zur Verfüllung, wie zum Beispiel von Leitungsge-

---

webe und in Lärmschutzwällen eingesetzt, um primäre Rohstoffe zu ersetzen (Bleher et al. 2017). Erdbaumaßnahmen im Straßenbau können hohe Bedarfe für z. B. Dammschüttungen aufweisen (Knappe et al. 2015). Dieser Verwertungsweg ist auch für weniger hochwertige Recyclingbaumaterialien, z. B. Mauerwerk oder Gemische geeignet, da technische Anforderungen z. B. bei Lärmschutzwällen keinen limitierenden Faktor darstellen. Materialien für den Unterbau von Straßen müssen hingegen qualifiziert sein. Experteninterviews haben ergeben, dass im Erdbau oft Annahmegerühren anfallen. Der offene Wegebau stellt einen weiteren Verwertungsweg dar. Hier sind Einsatzbereiche z. B. Windparks, Waldwege und Befestigungen auf Baustellen. Beim Erdwegebau wird laut Experteninterviews aus ökologischen Gründen allerdings häufig ortsübliches Primärmaterial gefordert. Im Deponiebau werden Bodenmaterialien zur Gestaltung von Wegen und Flächen für den Deponiebetrieb eingesetzt. Auch ein Einsatz qualifizierter Recyclingbaustoffe für Drainageschichten von Deponien ist möglich. Der Deponiebau spielt in Darmstadt und im Landkreis Darmstadt-Dieburg laut Experteninterviews keine signifikante Rolle.

Fazit: Im Erdbau und ungebundenen Wegebau gibt es zahlreiche unterschiedlich qualifizierte Einsatzbereiche für Bauschutt. Es können Annahmegerühren anfallen.

### **Übertägige Bergbauverfüllung**

In übertägigen Abbaustätten werden Bodenaushub einschließlich Baggergut und Gleisschotter zur Verfüllung eingesetzt. 2016 wurden in Deutschland 96,4 Mio. t und damit 77 % des Bodenaushubs der Verfüllung zugeführt (Bleher et al. 2017). Eine echte Deponierung ist für Material aus dem Untersuchungsgebiet, das nicht stark belastet ist, hingegen äußerst selten. Für die übertägige Verfüllung, z. B. in Steinbrüchen oder Tongruben, fallen teilweise hohe Annahmegerühren an. Dies zeigt, dass hier immer das Angebot an zu verfüllendem Material größer ist als die Nachfrage. Obwohl die Verfüllung als Verwertung in die Statistik eingeht, sollte dieser Weg wenn möglich vermieden werden.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurden in 2018 insgesamt 101.821 t Bau- und Abbruchabfälle in übertägigen Abbaustätten verfüllt, davon 95.646 t Boden und Steine (EAV 17 05 04) sowie 6.175 t Gemische (EAV 17 01 07). Experteninterviews haben allerdings ergeben, dass Boden und Steine auch andere Materialien enthalten können. So könnte Mauerwerkschutt, der temporär (z. B. für Kranstellplätze) auf Baustellen eingesetzt und dabei mit Bodenmaterial vermischt wurde, als Teil der Abfallgruppe Boden und Steine verfüllt worden sein.

Fazit: Die Verfüllung in übertägigen Abbaustätten ist grundsätzlich mit Annahmegerühren verbunden. Dieser Verwertungsweg stellt die niedrigste Art der Verwertung dar und spielt im Untersuchungsgebiet für Bauschutt (außer Gemische) keine signifikante Rolle.

### **Herausforderung Feinmaterial**

Feinmaterialien stellen im Stoffstromsystem der mineralischen Abfälle eine Herausforderung dar. Für Brechsande, (Vor-)Siebmaterialien oder Böden lassen sich nur schwierig Absatzwege finden. In der Regel werden diese Materialien im Erdbau eingesetzt, entweder als Schüttmaterial für Dämme und Wälle, zur Verfüllung von Arbeitsräumen, zur Ablagerung im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen oder auf Deponien und zur Verfüllung von übertägigen Abbaustätten. Eine hochwertige Vermarktung dieser Altmaterialien könnte als Pflastersande oder als Bettungsmaterial für Leitungen und Rohre erfolgen (Knappe et al. 2015). Die Verknappung der Ablagerungskapazitäten von Feinmaterialien und die damit einhergehende Steigerung der Entsorgungspreise (steigende Kippgebühren in Verbindung mit höheren Transportkosten) bieten Anreize zur Entwicklung neuer Verwertungsstrategien bzw. machen diese finanziell erst möglich (Knappe et al. 2015). Experteninterviews haben ergeben, dass sich der Einsatz von Brechsanden aus der Betonschutttaufbereitung in R-Beton in der Entwicklung befindet. Hier könnte durch den Einsatz von Brechsanden sogar Zement eingespart werden. Aufgrund der

---

bald wegfallenden Zementersatzmaterialien Flugasche und Hochofenschlacke (Hüttensand) könnte es für neue zementartige Materialien in Zukunft eine hohe Nachfrage geben.

#### **4.5.2 Hemmnisse der Verwertung mineralischer Abfälle aus dem Hochbau und Lösungsansätze**

In diesem Abschnitt werden die Randbedingungen diskutiert, die die Kreislaufwirtschaft von Bauschutt beeinflussen. Hierbei liegt der Fokus auf Hemmnissen für die Kreislaufwirtschaft und diesbezüglichen Lösungsansätzen. Dieser Abschnitt stellt den Hauptteil des TP 7 des Verbundprojektes dar und beruht, wenn nicht anders gekennzeichnet, auf im Projekt WieBauin durchgeführten Interviews mit Expert:innen der Entsorgung, Aufbereitung und Vermarktung von Bauschutt und daraus gewonnenen Recyclingbaustoffen. Die Interviews wurden aus Datenschutzgründen aggregiert ausgewertet und dokumentiert. Mettke et al. (2019) und Hinzmann et al. (2019) führten ebenfalls Experteninterviews zu diesem Thema durch und bestätigen die folgenden Ergebnisse.

Der Ausbau von Steinbrüchen, Auskiesungsbereichen und Sandgruben wird – vor allem aufgrund des steigenden Aufwandes für Genehmigungen – schwieriger, weshalb mit deutlichen Preissteigerungen für Primärbaustoffe gerechnet werden kann. Es ist daher besonders wichtig, frühzeitig Alternativen zu eruieren. Trotzdem stagniert die Verwertung von Bauschutt in Deutschland mit zwar hohen Verwertungsraten, aber überwiegend minderwertigen Verwertungswegen. Die Nachfrage nach Recyclingbaustoffen ist, wie im vorigen Abschnitt dargestellt, auch im Untersuchungsgebiet noch gering.

Im Folgenden werden die laut Experteninterviews wichtigsten Hemmnisse, differenziert nach rechtlich-bürokratischen Rahmenbedingungen, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz, diskutiert. Diese Parameter unterliegen untereinander Wechselwirkungen, weshalb eine klare Auftrennung nicht möglich ist.

##### **4.5.2.1 Rechtlich-bürokratische Rahmenbedingungen**

Ein wichtiger Grund für die mangelnde Nachfrage nach Recyclingbaustoffen ist die Tatsache, dass sich Ausschreibungen durch die Inklusion von Recyclingmaterial verkomplizieren. Das liegt daran, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen noch immer nicht deutschlandweit einheitlich sind, sondern sich je nach Bundesland unterscheiden. Weiterhin sind Recyclingbaustoffe Primärbaustoffen rechtlich nicht gleichgestellt. Während bei Recyclingmaterial ggf. umwelttechnische Untersuchungen und wasserrechtliche Genehmigungen notwendig sind, wird Primärmaterial grundsätzlich als unbedenklich empfunden – obwohl auch hier z. B. Schwermetallbelastungen vorliegen können. Die Berücksichtigung von Recyclingmaterial in Ausschreibungen ist daher zeitaufwendig und unübersichtlich. Für Bauleitende oder Sachmitarbeitende der öffentlichen Hand gibt es daher bisher keine Anreize, Recyclingmaterial zu nutzen. Die Ersatzbaustoffverordnung könnte zu einer Vereinheitlichung der rechtlichen Rahmenbedingungen führen. Bundeseinheitliche rechtliche Rahmenbedingungen werden in der Recyclingindustrie als förderlich für die Kreislaufwirtschaft eingeschätzt, da hierdurch mehr Planungssicherheit gegeben wäre. Hierfür müssten allerdings alle Bundesländer mitziehen, was von der Recyclingindustrie (Stand 2021) als unwahrscheinlich eingeschätzt wird. Weiterhin sind Anpassungen der Verordnung im Rahmen der Übergangsfrist möglich. Diese Unsicherheiten bedingen, dass die oben genannte Planungssicherheit für Recyclingunternehmen durch die Ersatzbaustoffverordnung bisher nicht gewährleistet ist. Ein weiterer viel diskutierter Punkt ist der Einfluss der neuen Schadstoffparameter, welcher aus Sicht der Recyclingindustrie bisher nicht eingeschätzt werden kann. Es besteht nach wie vor die Sorge, dass es eine Stoffstromverschiebung von Material aus der Verwertung in die Beseitigung geben wird. Außerdem könnte der Prüfaufwand noch steigen – und damit die Akzeptanz für Recyclingbaustoffe weiter sinken. Als Lösungsansatz wurden in den Experteninterviews die Niederlande als positives Beispiel genannt, da dort alle Baustoffe die gleiche Umweltuntersuchung durchlaufen müssen. Diese bürokratisch-rechtliche Gleichstellung von Primär- und Sekundärbaustoffen wäre förderlich für



---

die Kreislaufwirtschaft. Außerdem wäre ein einheitliches Zertifizierungssystem förderlich, das technische Eigenschaften (TL SoB-StB, Qualitätsprüfung) und Umweltbelange vereint und für alle Baustoffe gleichermaßen gilt. Damit wäre für Kunden ersichtlich, dass alle zur Wahl stehenden Baustoffe die technischen und umweltrechtlichen Anforderungen erfüllen, was zu einer höheren Bereitschaft zur Nutzung sekundärer Baustoffe führen würde.

Die Verfüllung von Bauschutt und Bodenmaterial in übertägigen Abbaustätten gilt rechtlich als Verwertung, was auf dem Papier zu hohen Verwertungsquoten für Bauschutt führt. Dies ist allerdings irreführend, da bei der Verfüllung die Entsorgung des Materials klar im Vordergrund steht. Wenn die Verfüllung nicht mehr als Verwertung in die Statistik eingehen würde, wäre der Handlungsbedarf zur Etablierung einer hochwertigen Kreislaufwirtschaft in diesem Bereich viel deutlicher ersichtlich.

Abfallerzeuger sind gesetzlich gebunden, das Material getrennt in einer verwertbaren Form bereitzustellen und nach Gewerbeabfallverordnung einem qualifizierten Aufbereitungsunternehmen zu übergeben, es sei denn dies ist technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar – beides unbestimmte Rechtsbegriffe. Es ist wirtschaftlich zumutbar, auch wenn es teurer ist – unklar ist, wie hoch die zumutbaren zusätzlichen Kosten sind. Ein Lösungsansatz wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

#### **4.5.2.2 Wirtschaftlichkeit**

Baustoffrecycling ist grundsätzlich wirtschaftlich. Dies liegt vor allem an hohen und stetig steigenden Annahmgebühren auf Deponien und Verfüllstätten im übertägigen Bergbau sowie oft hohen Transportkosten aufgrund langer Wege zu diesen Entsorgungsanlagen. Recyclinganlagen erwirtschaften Erlöse für die Annahme mineralischer Bauabfälle und durch die Vermarktung des hergestellten Recyclingbaustoffs. Die Annahmgebühr in Aufbereitungsanlagen kann daher niedriger ausfallen, wenn ein höherer Erlös zu erwarten ist. Sowohl Annahmgebühren als auch Sekundärrohstoffpreise weisen deutliche regionale Unterschiede auf. Je höher das Angebot der Sekundärbaustoffe für einen bestimmten Verwertungsweg ist, desto weniger wirtschaftlich ist dieser. Minderwertige Verwertungswege sind bei regional hohem Angebot eher Zuzahlungsmaßnahmen. Außerdem steigen die Zuzahlungen mit dem Angebot an Recyclingmaterial. Die Qualität des Produktes hängt nicht nur vom Material selbst, sondern auch von der Anlagentechnik der Aufbereitungsanlage ab. Ein Windsichter kann z. B. ermöglichen, Leichtfraktionen wie Plastik abzutrennen – erhöht aber auch die Investitions- und Betriebskosten. Der erzielbare Marktpreis bestimmt also, ob eine hochwertige Aufbereitung wirtschaftlich ist, oder ob möglichst günstig aufbereitet und damit ein mit niedrigen Erlösen oder sogar Annahmgebühren verbundener minderwertiger Verwertungsweg in Kauf genommen wird. Die Wirtschaftlichkeit einer hochwertigen Aufbereitung kann durch mangelnde Akzeptanz (s. u.) und damit geringe Nachfrage nach Recyclingmaterial eingeschränkt sein. Mettke et al. (2019) nennen außerdem das Vorhandensein von Verunreinigungen (Gips und damit verbundene Sulfatgehalte, Porenbeton, Leichtbeton, Bodenaushub, Kunststoff, Papier, Glas und Holz) in den Abfallströmen als erschwerenden Faktor für die Aufbereitung von Bauschutt zu hochwertigen Recyclingbaustoffen. Ein hochwertiges Recycling ist also auch von der sortenreinen Bereitstellung der Abfallströme abhängig. Wie ambitioniert dies geschieht, ist nicht nur von den rechtlichen Rahmenbedingungen abhängig, sondern auch von den Entsorgungskosten in alternativen, minderwertigen Verwertungswegen. Sind diese hoch, kann ein Aufbereitungsunternehmen für minderwertiges Abfallmaterial ebenfalls hohe Preise aufrufen. Nicht für alle Aufbereitungsunternehmen ist eine Zulassung nach TL SoB-StB für die Vermarktung im qualifizierten Straßenbau wirtschaftlich, weshalb auch qualifizierte Recyclingbaustoffe eher in private Maßnahmen eingebracht werden.

Aufgrund starker Vorbehalte gegenüber Recyclingbaustoffen müssen diese sehr wirtschaftlich für Bauherr:innen sein, um überhaupt in Erwägung gezogen zu werden. Dies gilt vor allem bei Ausschreibungen der öffentlichen Hand, während bei privaten Bauvorhaben der Einkaufspreis eine größere Rolle spielt. Projektentwicklungs-

---

firmen, die z. B. Supermärkte oder Einkaufszentren bauen, sind wesentlich eher bereit, Sekundärmaterial in ungebundenen Tragschichten einzusetzen und nehmen auch geringe Verunreinigungen mit Metall oder Kunststoff in Kauf, wenn dadurch der Einkaufspreis geringer ausfällt. Die Preisunterschiede müssen in der Regel sehr groß sein, um für die öffentliche Hand ausschlaggebend zu sein. In Gegenden, in denen Recyclingmaterial deutlich günstiger ist als gebrochener Naturstein, wird auch im qualifizierten Straßenbau mit Recyclingmaterial gearbeitet. Hier wurde die Stadt Mannheim im Rahmen der Interviews als Positivbeispiel genannt, die im qualifizierten Straßenbau wegen hohen Entfernungen zu Steinbrüchen und dadurch bedingt hohen Transportkosten für Primärmaterial mit Recyclingbaustoffen arbeitet.

Der Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen als Zuschlagstoff in R-Beton ist in Deutschland bisher noch nicht wirtschaftlich. Dies liegt u. a. daran, dass in Deutschland nur Gesteinskörnungen > 2 mm eingesetzt werden dürfen. Brechsand, der bei der Aufbereitung des Recyclingmaterials anfällt, muss also anders verwertet werden. Dies beeinträchtigt die Wirtschaftlichkeit des Aufbereitungsunternehmens. Es gibt nur wenige Hersteller für Recyclinggesteinskörnungen nach DIN 12620 für die Betonindustrie. Ohne die Möglichkeit der ortsnahen Belieferung mit Recyclinggesteinskörnungen ist R-Beton auch für Betonwerke nicht wirtschaftlich, da lange Lieferwege mit hohen Kosten verbunden sind. Wie auch im Straßenbau ist der Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen in Beton wirtschaftlicher, wenn die Transportdistanzen für primäre Gesteinskörnungen lang sind. Hier wurde Berlin als positives Beispiel genannt, wo die Entwicklung in Richtung des Einsatzes von R-Beton geht. Ein Hemmnis für die Umstellung auf R-Beton ist in Berlin der große Materialbedarf, der nicht durch Sekundärmaterial gedeckt werden kann. Laut Betonherstellern können Brechsande in Betonrezepturen eingesetzt werden, ohne dass die Betonqualitäten stark sinken. Da Brechsand aus Betonbruch hauptsächlich aus Zement besteht, könnte dieser sogar Zement in der Betonrezeptur ersetzen oder in der Zementherstellung eingesetzt werden (Knappe et al. 2017; Verein Deutscher Zementwerke e.V. 2019). In der Schweiz ist dies bereits umgesetzt, dort wird Brechsand aus Altbeton in R-Beton eingesetzt. Eine Anpassung des Regelwerks in Deutschland wird laut Experteninterviews zeitnah erwartet, womit ein zentrales Hindernis für die Verwertung von Betonbruch und Mauerwerk als Zuschlagstoff in der Betonindustrie überwunden werden könnte. Die direkte Förderung von Aufbereitungsanlagen mit Spezialisierung auf hochwertige Recyclinggesteinskörnungen für R-Beton könnte außerdem das Investitionsrisiko verringern.

Für die Gesteinsindustrie wäre eine funktionierende Kreislaufwirtschaft mit hochwertigem Recycling eine doppelte Konkurrenz, da Steinbrüche nicht nur mit dem Verkauf von Gestein Erlöse erzielen, sondern auch mit einer – oft hohen – Annahmegebühr für Verfüllmaterial. Durch diese zusätzliche Einnahmequelle kann eine Querfinanzierung der Primärmaterialherstellung erfolgen, wodurch Primärmaterialien sehr günstig vermarktet werden können. Dies wirkt sich wiederum negativ auf die Wirtschaftlichkeit von Recyclingbaustoffen aus. Die Regelung der Verfüllung von Gruben ist je nach Bundesland und je nach Genehmigung des Verfüllbetriebes unterschiedlich. Ältere Genehmigungen haben mehr Spielraum, neuere Genehmigungen erlauben nur noch das Verfüllen von Bodenmaterial, während Bauschutt nur noch für technische Baumaßnahmen zugelassen ist. Durch das Schließen minderwertiger Verwertungswege könnte im Vergleich die Wirtschaftlichkeit einer hochwertigen Verwertung steigen, da hierdurch erstens auch die Annahmegebühren in anderen minderwertigen Verwertungswegen ansteigen würden und zweitens die Querfinanzierung der Primärrohstoffe durch Verfüllung vermindert werden könnte.

Recyclinganlagen liegen größtenteils in Randzonen von Ballungsgebieten, weshalb mineralische Abfälle i. d. R. aus einem Umkreis von 20-30 km angeliefert werden. Die Belieferung von Baustellen mit aufbereitetem Recyclingmaterial findet im Normalfall in einem ähnlichen Umkreis statt. Experteninterviews ergaben, dass geringe Mengen aus dem Untersuchungsgebiet auch weiter transportiert werden, z. B. nach Mannheim, Ludwigshafen, Nordrhein-Westfalen und Stuttgart. Interessanterweise können bei hoher Verfügbarkeit und geringer Nach-

---

frage die Transportwege länger sein, je weniger hochwertig das Material ist, da wirtschaftliche Verwertungsoptionen für minderwertiges Material regional knapp sein können. Da Steinbrüche und Kiesgruben grundsätzlich weiter von Ballungszentren entfernt sind, wurde die Transportdistanz im Rahmen der Experteninterviews für das Untersuchungsgebiet auf 50-100 km geschätzt. Alle oben genannten Distanzen schwanken allerdings erheblich, je nachdem wo im Untersuchungsgebiet eine Baustelle liegt. Außerdem sind diese Distanzen nicht unbedingt auf andere Regionen übertragbar, da es diesbezüglich erhebliche regionale Unterschiede gibt. Die Internalisierung externer Kosten, z. B. durch die Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor, könnte ein hochwertiges Recycling attraktiver machen, da hierdurch die Preise für Primärmaterialien sowie für alternative Beseitigung (oder Verfüllung) aufgrund der oft hohen Transportdistanzen mit steigenden Kosten verbunden sein werden.

#### 4.5.2.3 Akzeptanz

Der Konsens unter den interviewten Experten ist, dass mangelnde Akzeptanz das wichtigste Hindernis bezüglich des hochwertigen Einsatzes von Recyclingbaustoffen ist. Gerade die öffentliche Hand diskriminiert in Ausschreibungen oft klar gegen Recyclingbaustoffe, indem diese grundsätzlich ausgeschlossen werden. Dies könnte durch mangelnde Erfahrung mit dem Einsatz von Recyclingbaustoffen und höhere bürokratische Anforderungen (s. o.) bedingt sein. Bei Kommunen kommt das Maß der Akzeptanz darauf an, wie aufgeschlossen einzelne Personen gegenüber Recyclingbaustoffen sind. Der Einsatz von Recyclingmaterial kann schnell zu Bürgerwiderstand führen, was gerade in der Lokalpolitik eine Unterstützung für Recyclingbaustoffe erschweren kann. In der Privatwirtschaft hingegen sind die Kosten von Primär- und Recyclingmaterial maßgeblich.

Der wichtigste Grund für die mangelnde Akzeptanz ist die empfundene Gefahr, dass durch die vorherige Nutzung der Recyclingbaustoffe Schadstoffe eingebracht werden könnten. Primärmaterial, welches durch geogene Hintergrundbelastung ebenfalls mit z. B. Schwermetallen belastet sein kann, wird hingegen grundsätzlich als unbedenklich angesehen. Dieser Vorbehalt wird durch die rechtliche und damit auch bürokratische Ungleichbehandlung von Primär- und Sekundärmaterial noch verstärkt. Eine rechtliche und bürokratische Gleichbehandlung von Primär- und Sekundärmaterial würde die Akzeptanz bei ausschreibenden Stellen erhöhen. Auch eine besonders hohe Wirtschaftlichkeit durch hohe Preise für Primärmaterial und alternative Deponierung oder Verfüllung von hochwertigem Sekundärmaterial würde die Akzeptanz erhöhen.

Recyclingbaustoffe werden oft als minderwertig empfunden, obwohl sie die gleichen technischen Anforderungen erfüllen müssen wie Primärbaustoffe. Der Begriff der „Ersatzbaustoffverordnung“ verstärkt diese Vorbehalte tendenziell, da hiermit implizit vermittelt wird, dass es sich nicht um ‚richtige‘ Baustoffe handelt, sondern um Ersatz für Baustoffe – also die zweite Wahl. Dem Imageproblem von Recyclingbaustoffen aus dem Hochbau könnte mit einheitlichen Produktnamen entgegengewirkt werden, wie es in der Stahlbranche bereits etabliert. So werden Baustoffe aus Konverterschlacke der thyssenkrupp MillServices & Systems GmbH z. B. als LiDonit oder BaseLith vertrieben. Der ökologische Vorteil durch Einsparung primärer Ressourcen und Treibhausgasemissionen könnte stärker hervorgehoben werden. Bauherr:innen im Hochbau achten schon jetzt – auch durch Nachhaltigkeitszertifizierungen – zunehmend auf Fragen der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes, weshalb die Akzeptanz für R-Beton unter Architekt:innen zunimmt.

Die öffentliche Hand muss im Straßenbau und im Hochbau – wie es bspw. beim Neubau des UBA der Fall war – mit gutem Beispiel vorangehen. Es braucht Leuchtturmprojekte, die positive Erfahrungen mit Recyclingbaustoffen vermitteln. Gerade die Kommunikation guter Praxisbeispiele kann helfen, Vorbehalte abzubauen. Die Inklusion – und mittelfristig die konsequente Bevorzugung – von Recyclingbaustoffen in Ausschreibungen der öffentlichen Hand wäre auch ein klares Signal an private Bauvorhaben, dass eine starke Kreislaufwirtschaft möglich ist.

---

### 4.5.3 Szenarioanalyse

In der Szenarioanalyse werden auf Basis der vorangegangenen Arbeitspakete mögliche Entwicklungen des Stoffstromsystems der Verwertung von Bauschutt im Untersuchungsgebiet erforscht. Hierbei werden die folgenden Teilbereiche berücksichtigt:

- Entwicklungen im Gebäudesektor (Wohn- und Gewerbefläche, Abriss)
- Strategien für Wertschöpfungsketten (Wiederverwendung, Verwertung)
- Rahmenbedingungen (Abfallwirtschaft, Straßenbau, Regionalplanung)

Das Ziel der Szenarioanalyse ist die Erstellung von Szenarien der Entwicklung von Angebot und Nachfrage mineralischer Recyclingbaustoffe aus dem Bausektor. Die Ergebnisse dienen als Eingangsdaten der Modellierung in TP 9. Ein Screening verschiedener Szenariotechniken ergab, dass sich eine Kombination aus schlüsselfaktorbasierter Szenariotechnik und quantitativer Trendanalyse und -extrapolation als methodischer Ansatz für die Szenarioanalyse anbietet. Da aufgrund der mangelnden Datenverfügbarkeit für das Angebot an mineralischen Abfällen und die Nachfrage in den Verwertungswegen im Untersuchungsgebiet eine quantitative Trendanalyse nicht mit ausreichend Datensicherheit möglich war, wurde auf einen schlüsselfaktorbasierten Szenarioprozess mit qualitativer Auswertung der Trends zurückgegriffen. Der schlüsselfaktorbasierte Szenarioprozess erfolgt in fünf Phasen: Szenariofeldbestimmung (Phase 1), Identifikation von Schlüsselfaktoren (Phase 2), Analyse der Schlüsselfaktoren (Phase 3), Szenariogenerierung (Phase 4) und Szenariotransfer (Phase 5). Die Szenarien basieren auf Daten, die durch Literaturrecherche und Experteninterviews erhoben wurden. Die Szenarien wurden in internen Workshops diskutiert und die Inhalte und Argumentationen basierend auf Experteninterviews mit Stakeholdern aus Entsorgung, Aufbereitung und Vermarktung mineralischer Abfallströme sowie aus der Wissenschaft validiert und überarbeitet.

Das Szenariofeld beschreibt den Untersuchungsrahmen der Szenarioanalyse. Für das Gesamtsystem der mineralischen Baustoffe umfassen die geographischen Systemgrenzen den Landkreis Darmstadt-Dieburg sowie die Stadt Darmstadt. Als zeitliche Systemgrenze ist aufgrund der Datenverfügbarkeit ein mittelfristiger Zeithorizont (10-20 Jahre) anzusetzen. Untersucht wird die Entwicklung von Angebot und Nachfrage bezüglich mineralischer Recyclingbaustoffe aus dem Bausektor.

#### 4.5.3.1 Identifizierung und Analyse der Szenarioparameter

In diesem Abschnitt werden die Szenarioparameter und deren mögliche Entwicklung kurz diskutiert. Hierzu werden die Ergebnisse der vorigen Abschnitte zusammengeführt. Auf Basis der Systemanalyse, welche in den vorigen Abschnitten dokumentiert ist, wurden Parameter identifiziert und analysiert, die untereinander Wechselwirkungen unterliegen. Hierzu wurden vor allem das Aufkommen an mineralischen Abfällen aus dem Untersuchungsgebiet, die Nachfrage in den relevanten Verwertungswegen und Randbedingungen, speziell Hindernisse bezüglich der hochwertigen Verwertung, analysiert. Abb. 59 zeigt die Zusammenhänge der Szenarioparameter, auf deren Basis die Szenarien erstellt wurden.

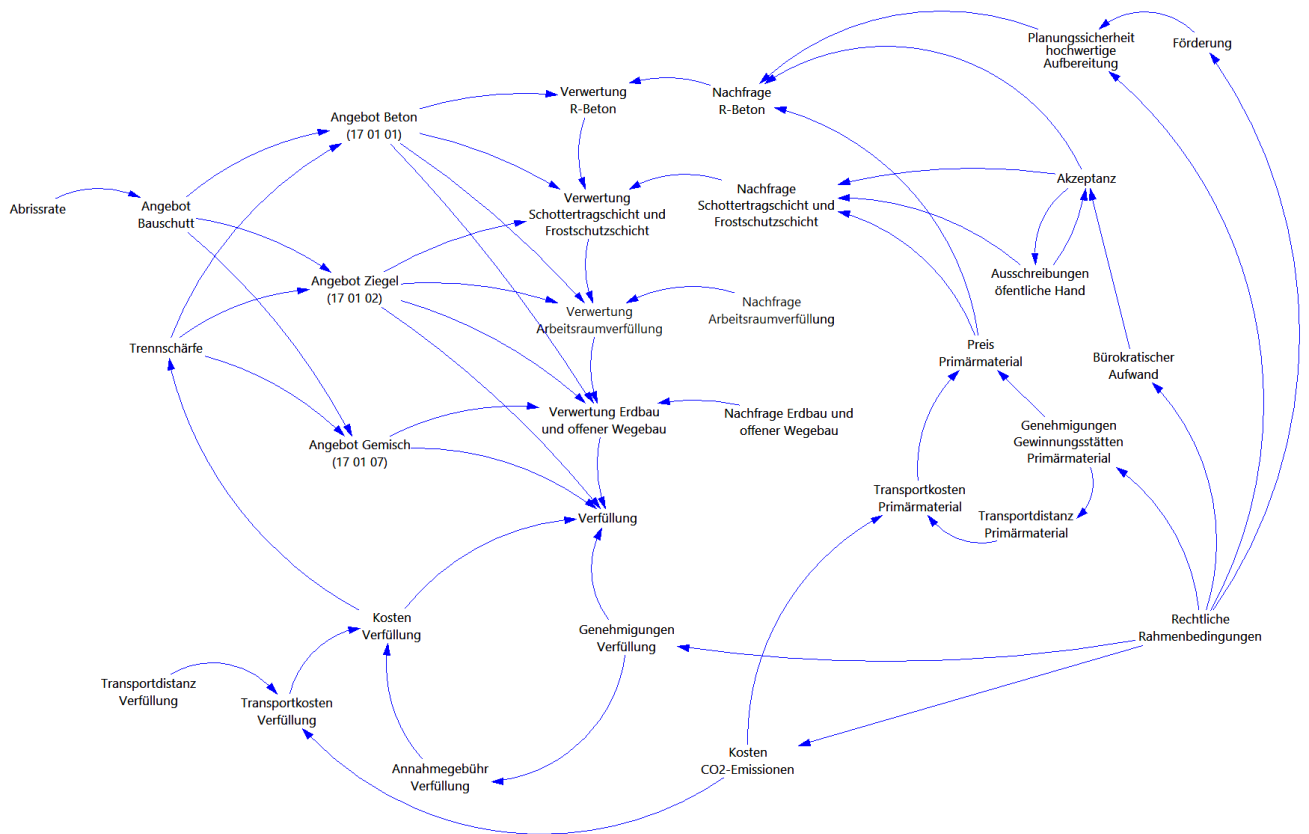


Abb. 59: Zusammenhänge der Szenarioparameter des Systems Recyclingbaustoffe aus Bauschutt (dargestellt in Vensim)

Die möglichen Veränderungen der Parameter und ihr Einfluss auf eine hochwertige Kreislaufwirtschaft wurde qualitativ bewertet, wobei jeweils eine untere und eine obere Abschätzung getroffen wurde. Tab. 24 zeigt eine Zusammenfassung der wichtigsten Parameter einschließlich qualitativer Abschätzung ihrer Entwicklung.

Tab. 24: Szenarioparameter des Systems Recyclingbaustoffe und qualitative Abschätzung der Entwicklung. ++ = starke positive Veränderung; + = geringe positive Veränderung; 0 = keine Veränderung; - = geringe negative Veränderung (eigene Darstellung)

Parameter	Untere Abschätzung	Obere Abschätzung
<b>Angebot an Recyclingbaustoffen</b>	0	+
<b>Rahmenbedingungen</b>		
Rechtliche Rahmenbedingungen	-	+
Wirtschaftlichkeit	0	+
Transportkosten	0	+
Preis Primärmaterial	0	+
Annahmegebühren	0	+
Wirtschaftliches Risiko	-	0
Akzeptanz	-	++
<b>Nachfrage in Verwertungswegen</b>		
Beton	0	++
Schottertragschicht, Frostschuttschicht	-	++
Arbeitsraumverfüllung	0	+
Erdbau, ungebundener Wegebau	0	0
Übertägige Bergbauverfüllung	-	0

---

## Entwicklung des Angebots

Das Angebot an Recyclingbaustoffen aus dem Hochbau kann theoretisch aus dem Gebäudeabgang (also der Abrissaktivität), des Materialgehalts der jeweiligen Gebäude und der Rückgewinnungsrate bestimmt werden. Zur Bestimmung der Entwicklung des Gebäudeabgangs kann der erfasste Bauabgang extrapoliert werden, was allerdings u. a. die sich verändernde Zusammensetzung der Gebäudealtersklassen vernachlässigen würde. Ein genauerer Ansatz wäre die Bestimmung des Gebäudebestandes der jeweiligen Baualtersklassen und Abschätzung einer Lebensdauervertelung. Für beide Berechnungswege müssten für alle relevanten Gebäude des Untersuchungsgebiets Gebäudetypen erarbeitet werden, die Materialkoeffizienten für die relevanten Materialklassen enthalten. Da im Rahmen des Projektes WieBauin eine derart detaillierte Erfassung aller Gebäudetypen nicht durchgeführt werden konnte, entfallen die beiden oben genannten Berechnungswege. Diese wäre im Rahmen eines Folgeprojektes möglich, welches die Erkenntnisse der Projekte PRRIG (FKZ 033R100A; hier wurden Materialkoeffizienten für Nicht-Wohngebäude entwickelt) und WieBauin zusammenführt und ergänzt.

Stattdessen wurde auf Daten des Anfalls von Recyclingbaustoffen im Untersuchungsgebiet sowie auf Abschätzungen der deutschlandweiten Entwicklung zurückgegriffen. Auf Basis dieser Daten ist von einem konstanten bis leicht steigenden Angebot an Recyclingbaustoffen im Untersuchungsgebiet zu rechnen (siehe Kapitel 4.5.1).

## Rahmenbedingungen

Die wichtigsten Rahmenbedingungen, die aktuell Limitationen der hochwertigen Verwertung mineralischer Abfallströme aus dem Hochbau darstellen, wurden anhand vorhandener Literatur und vor allem Experteninterviews bestimmt (siehe Kapitel 4.5.2).

### Rechtliche Rahmenbedingungen:

Schon jetzt ist der Einsatz von Recyclingmaterial in R-Beton möglich. Auch in ungebundenen Tragschichten des Straßenbaus (Schottertragschicht und Frostschutzschicht) dürfen Beton und Ziegel nach TL SoB-StB grundsätzlich mit bis zu 30 % beigemischt werden. Trotzdem sind Recyclingbaustoffe Primärbaustoffen nicht gleichgestellt. Es sind umwelttechnische Untersuchungen und wasserrechtliche Genehmigungen notwendig, während Primärbaustoffe per se als unbedenklich gelten. Außerdem herrschen noch immer länderspezifische Regelungen, was den bürokratischen Aufwand weiter erschwert. Die Auswirkungen der Ersatzbaustoffverordnung sind laut Experteninterviews (Stand 2021) noch nicht absehbar. Es wird aber davon ausgegangen, dass der Anteil an Material, der hochwertig verwertet werden kann, entweder konstant bleibt oder sinkt. Ein einheitliches System, welches die Anforderungen an technische Eigenschaften und umwelttechnische Prüfung vereint und die gleichen Anforderungen an Primär- und Recyclingbaustoffe stellt, würde sich positiv auf den bürokratischen Aufwand und die Akzeptanz auswirken und damit eine hochwertige Kreislaufwirtschaft stärken.

### Wirtschaftlichkeit:

Damit ein hochwertiger Verwertungsweg wirtschaftlich ist, müssen Transport- und Aufbereitungskosten geringer sein als die Summe der Erlöse aus dem Verkauf des Recyclingmaterials und alternativ anfallenden Entsorgungskosten, also Annahmgebühren auf Deponien oder Verfüllstätten und die Kosten für den Transport dorthin.

Transportkosten: Da die Transportwege für Primärmaterial und für Beseitigung oder Verfüllung des Abfallmaterials i. d. R. länger sind als für die Verwertung, würden erhöhte Kosten für Treibhausemissionen (z. B. CO<sub>2</sub>-Bepreisung) die Wirtschaftlichkeit einer hochwertigen Verwertung erhöhen.

Preise Primärmaterial: Schon heute machen laut Experteninterviews die Transportkosten ca. die Hälfte der Kosten für Primärbaustoffe wie Kies und Schotter aus. Mit steigenden Transportkosten steigen daher auch die Preise ab Baustelle für Primärmaterial. Eine erschwerte Genehmigung neuer Abbaustätten könnte außerdem das Angebot reduzieren und dadurch erstens die Materialpreise und zweitens die Transportdistanzen erhöhen.

---

Annahmegebühren: Laut Experteninterviews ist anzunehmen, dass Annahmegebühren auf Deponien und über-tägigen Verfüllstätten in Zukunft weiter steigen werden. Dies wird im Vergleich die Wirtschaftlichkeit einer hochwertigen Verwertung steigern.

Wirtschaftliches Risiko: Das wirtschaftliche Risiko für die Ausrichtung von Betonwerken auf Betonschutt sowie für die Auslegung von Aufbereitungsanlagen für eine hochwertige Aufbereitung ist aufgrund der damit verbun-denen Investitionskosten bisher noch hoch. Die Planungssicherheit könnte durch Förderung und einheitliche, stabile rechtliche Rahmenbedingungen entgegengewirkt werden.

Gerade für die Verwertung von Betonbruch als Zuschlagstoff in Beton ist die Wirtschaftlichkeit noch der aus-schlaggebende limitierende Faktor. Hier könnte es in Zukunft zu einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit kommen.

#### Akzeptanz:

Mangelnde Akzeptanz verhindert eine hochwertige Verwertung von Bauschutt. Gerade in Ausschreibungen der öffentlichen Hand sind Recyclingbaustoffe aufgrund mangelnder Erfahrung mit Recyclingbaustoffen und auf-grund des empfundenen Risikos (siehe Kapitel 4.5.2) meistens noch ausgeschlossen. Die Akzeptanz hängt au-ßerdem maßgeblich von den rechtlich-bürokratischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (s. o.) ab. Bei privaten Baumaßnahmen können diese Vorbehalte dagegen eher durch eine hohe Wirtschaftlichkeit der Recyc-lingbaustoffe ausgeglichen werden. Sollten ausschreibende Stellen der öffentlichen Hand mit gutem Beispiel vorangehen, würde dies die Nachfrage v. a. in Schottertragschichten und Frostschutzschichten erhöhen und ggf. durch eine Signalwirkung auch die Nachfrage in anderen Verwertungswegen stärken.

#### **Entwicklung der Nachfrage**

Da nicht alle Verwertungswege für alle Materialströme geeignet sind, ist es nicht zielführend, nur die Gesamt-nachfrage nach Recyclingbaustoffen zu analysieren. Stattdessen muss die Entwicklung der Nachfrage in den jeweiligen Verwertungswegen bestimmt werden. Eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung der Nach-frage in den einzelnen Verwertungswegen ist in Kapitel 4.5.1 dokumentiert. Aufgrund mangelnder Daten zur Abfallart Fliesen und Keramik (17 01 03) liegt der Fokus auf Verwertungswegen für die Abfallarten Beton (17 01 01), Ziegel (17 01 02), und Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik (17 01 07).

#### Zuschlagstoff in R-Beton:

Die Verwertung als sekundäre Gesteinskörnung in R-Beton stellt den höchstwertigen, aktuell technisch mög-lichen Verwertungsweg für Betonbruch dar. Wie in Kapitel 4.5.1 dargestellt, wird es eine verstärkte Nachfrage nach Gesteinskörnungen für Beton geben, da der Gebäudebestand in Darmstadt und im Landkreis Darmstadt-Dieburg in den kommenden Jahren und Jahrzehnten ansteigen soll. Bisher spielt der Verwertungsweg als Zu-schlagstoff in R-Beton keine Rolle für die Verwertung von Betonbruch, obwohl die rechtlichen Rahmenbedin-gungen diesen ermöglichen. Pilotprojekte wie das Hundertwasserhaus in Darmstadt und der Neubau des UBA in Dessau-Roßlau konnten zeigen, dass dieser Verwertungsweg möglich ist.

Hinzmann et al. (2019) argumentieren auf Basis von Experteninterviews, dass mehr Abbruchmaterial beseitigt werden müsste, wenn eine Verschiebung von Recyclingmaterial in den Hochbau stattfinden würde. Dies wird dadurch begründet, dass Feinmaterial auf Deponien beseitigt werden müsse. Dieses Argument widerspricht den Informationen, die im Rahmen der Experteninterviews in WieBauin erarbeitet wurden: Feinmaterial wird nicht deponiert, sondern zum größten Teil in übertägigen Abbaustätten verfüllt. Außerdem sind laut Knappe et al. (2015) hochwertigere Verwertungswege für Feinmaterial möglich. Bei mehr Akzeptanz und damit mehr Nach-frage würde sich auch für Ziegel ein hochwertiger Einsatz finden.

Die Verwertung von Betonbruch in R-Beton scheitert v. a. an den Faktoren Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit (siehe Kapitel 4.5.2). Sollten sich die Randbedingungen zugunsten der Recyclinggesteinskörnungen wandeln,

---

birgt dieser Verwertungsweg ein großes Nachfragepotenzial für Betonbruch. Der Einsatz anderer Abfallarten des Bauschutts (z. B. Ziegel und Gemische) in R-Beton ist mittelfristig nicht zu erwarten.

#### Schottertragschicht und Frostschuttschicht:

Eine Nachfrage nach Gesteinskörnungen für ungebundene Tragschichten im Straßenbau ist aufgrund der hohen In-Situ-Verwertungsrate in der Regel nur bei Straßenneubau und Straßenerweiterungen gegeben. Diese Baumaßnahmen nehmen tendenziell ab, während Erhaltungsmaßnahmen zunehmen. Aufgrund der ablehnenden Haltung der öffentlichen Hand ist die Nachfrage für den Straßenbau bisher sehr gering. Abhängig von Ausschreibungen der öffentlichen Hand besteht hier ein großes, aber tendenziell sinkendes Nachfragepotenzial für Betonbruch. Der Einsatz von Ziegelmaterial in Schottertragschichten und Frostschuttschichten ist noch umstritten, könnte aber ebenfalls möglich sein. Der Einsatz von Betonbruch als Schottertragschicht und Frostschuttschicht in privaten (wohnbaulichen und gewerblichen) Baumaßnahmen wird weiterhin stattfinden, könnte aber abnehmen.

#### Arbeitsraumverfüllung:

Bisher findet aus der Abfallgruppe Bauschutt nur Betonbruch Anwendung in diesem Verwertungsweg. Die Alternative ist minderwertiges Primärmaterial, welches in Steinbrüchen anfällt, aber nur zu Verfüllzwecken eingesetzt werden kann. Die Arbeitsraumverfüllung ist auch mit Ziegelmaterial technisch möglich und stellt ein Nachfragepotenzial für Ziegelbruch dar – allerdings mit niedrigen Erlösen.

#### Erdbau, Deponiebau, ungebundener Wegebau:

Erdbau und ggf. ungebundener Wegebau sind mögliche Verwertungswege für verschiedene Materialien unterschiedlicher Qualitäten. Bei Erdwegebau wird aus ökologischen Gründen häufig ortsübliches Primärmaterial gefordert. Der Deponiebau ist im Untersuchungsgebiet als Verwertungsweg vernachlässigbar. Die Entwicklung der Nachfrage konnte nicht bestimmt werden. Es wird daher vereinfachend von einer konstanten Nachfrage ausgegangen.

#### Übertägige Bergbauverfüllung:

Die Verfüllung in übertägigen Abbaustätten ist grundsätzlich mit Annahmehöhen verbunden. Dieser Verwertungsweg stellt die niedrigste Art der Verwertung dar und spielt im Untersuchungsgebiet innerhalb der Abfallgruppe Bauschutt vor allem für Ziegel und Gemische eine signifikante Rolle.

### **4.5.3.2 Szenarien**

Die möglichen Trends der beschriebenen Parameter wurden narrativ zu den vier Szenarien ‚Business as Usual‘, ‚Beschränkte Nachfrage‘, ‚Beschränktes Angebot‘ und ‚Recycling-Boom‘ verdichtet. Abb. 60 zeigt das Szenariokreuz, in dem die Szenarien abgebildet sind. Diese sind im Folgenden beschrieben.



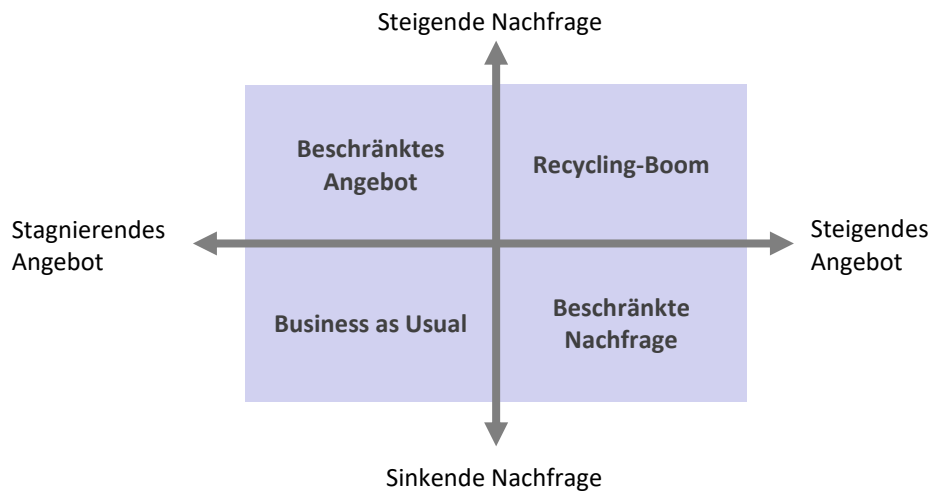


Abb. 60: Szenariokreuz für Angebot und Nachfrage bezüglich mineralischer Recyclingbaustoffe aus dem Bausektor (eigene Darstellung)

### Szenario 1: Business as Usual

Dieses Szenario beschreibt größtenteils den aktuellen Stand der Kreislaufwirtschaft im Bereich Bauschutt.

#### Entwicklung des Angebots:

Das Angebot an Recyclingbaustoffen aus Bauschutt folgt der unteren Abschätzung des deutschlandweiten Trends und bleibt konstant auf dem aktuellen Niveau. Dies folgt der Annahme, dass Abrisstätigkeit, Trennschärfe der Materialfraktionen beim Abriss und Rückgewinnungsraten in der Aufbereitung etwa konstant bleiben.

#### Randbedingungen:

**Recht und Bürokratie:** Recyclingbaustoffe sind weiterhin rechtlich benachteiligt. Ein einheitliches Zertifizierungssystem, welches bau- und umwelttechnische Eigenschaften zusammenführt und gleiche bürokratische Anforderungen (z. B. Schadstoffanalysen) an Primär- und Sekundärmaterialien stellt, wird nicht eingeführt. Die Ersatzbaustoffverordnung hat keinen signifikanten Einfluss auf die Nachfrage in hochwertigen Verwertungsweegen. Sie wird außerdem durch Abweichung mehrerer Länder untergraben, weshalb weiterhin unterschiedliche länderspezifische Regelungen gelten. Hierdurch bleibt der bürokratische Aufwand für den Einsatz von Recyclingmaterial hoch. Planungssicherheit für Anlagen mit einer hochwertigen Aufbereitung und damit verbundenen hohen Investitions- und Betriebskosten ist nicht gegeben.

**Wirtschaftlichkeit:** Mangelnde Planungssicherheit führt zu einem hohen Investitionsrisiko für aufwendige Aufbereitungsanlagen, welches auch nicht durch Förderungen ausgeglichen oder verringert wird. Preise von Primärmaterialien steigen nicht signifikant an. Da eine Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor nicht konsequent umgesetzt wird, kommt es zu keiner drastischen Steigerung von Transportpreisen für Primärmaterial und für den Transport von Bauschutt zu weiter entfernten Verfüllstätten. Auch die Annahmgebühren der Verfüllstätten steigen nicht drastisch an. Dies bedeutet, dass die Aufbereitung der Betonfraktion als Zuschlagstoff für R-Beton nicht wirtschaftlich ist. Recyclingmaterial für Schottertragschichten und Frostschutzschichten ist grundsätzlich wirtschaftlich – sofern es eine Nachfrage gibt.

**Akzeptanz:** Durch den unverändert hohen bürokratischen Aufwand – welcher nicht durch besonders große Wirtschaftlichkeit ausgeglichen werden kann – bleiben Recyclingbaustoffe in öffentlichen Ausschreibungen weiterhin unberücksichtigt. Auch die Akzeptanz in privaten Baumaßnahmen bleibt mangelnd, wodurch auch hochwertige Recyclingbaustoffe weiterhin eher für minderwertige Verwertungswege eingesetzt werden.

## Nachfrage und Auswirkungen auf Verwertungswege:

Die Verwertungswege dieses Szenarios sind in Abb. 61 zusammengefasst.

**R-Beton:** Grundsätzlich gibt es eine Nachfrage für recycelte Gesteinskörnungen als Zuschlagstoff in R-Beton. Diese reicht allerdings nicht aus, um das Investitionsrisiko für entsprechende Aufbereitungsanlagen und für die Ausrichtung von Betonwerken auf sekundäre Gesteinskörnungen zu rechtfertigen. Der Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen in Beton bleibt daher im Untersuchungsgebiet weiterhin ohne Bedeutung.

**Schottertragschicht und Frostschutzschicht:** Da die öffentliche Hand Recyclingmaterial weiterhin ablehnt, bleibt die Nachfrage für ungebundene Tragschichten im Straßenbau vernachlässigbar. In privaten Baumaßnahmen wird Betonbruch in Frostschutzschichten und vereinzelt in Schottertragschichten eingesetzt. Ziegelmaterial findet in diesem Verwertungsweg auch in geringen Mengen keine Akzeptanz.

**Arbeitsraumverfüllung:** Zur Arbeitsraumverfüllung wird aus der Abfallgruppe des Bauschutts weiterhin nur Betonbruch eingesetzt.

**Erdbau und ungebundener Wegebau:** Erdbau und ggf. ungebundener Wegebau stellen einen Verwertungsweg für Beton, Ziegel und Gemische dar. Es werden in den Verwertungswegen nur die jeweils höchstwertigen verfügbaren Recyclingmaterialien eingesetzt.

**Übertägige Bergbauverfüllung:** Der minderwertige Verwertungsweg der Verfüllung in übertägigen Bergbaustätten bleibt trotz hoher Annahmgebühren der dominante Verwertungsweg für Ziegel und Gemische.

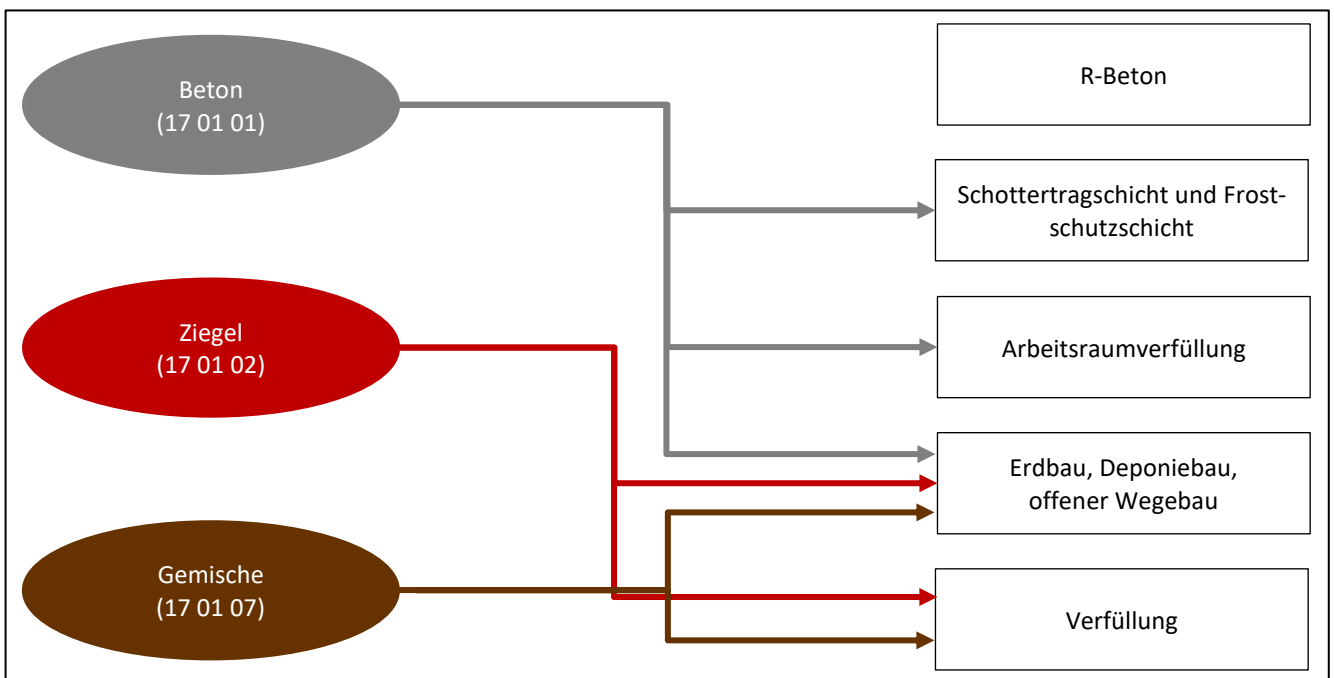


Abb. 61: Verwertungswege in den Szenarien ‚Business as Usual‘ und ‚Beschränkte Nachfrage‘ (eigene Darstellung)

### **Szenario 2: Beschränkte Nachfrage**

Dieses Szenario beschreibt ein steigendes Angebot an Recyclingmaterial bei stagnierender Nachfrage in hochwertigen Verwertungswegen.

---

### Entwicklung des Angebots:

Das Angebot an Recyclingbaustoffen aus Bauschutt folgt der oberen Abschätzung des deutschlandweiten Trends und steigt leicht. Dies könnte durch eine erhöhte Abrisstätigkeit bedingt sein. Die Trennschärfe beim Abriss und die Rückgewinnungsraten in der Aufbereitung wurden als konstant angenommen.

### Randbedingungen:

**Recht und Bürokratie:** Recyclingbaustoffe sind weiterhin rechtlich benachteiligt. Ein einheitliches Zertifizierungssystem, welches bau- und umwelttechnische Eigenschaften zusammenführt und gleiche bürokratische Anforderungen wie Schadstoffanalysen an Primär- und Sekundärmaterialien stellt, wird nicht eingeführt. Die Ersatzbaustoffverordnung führt durch strikte Grenzwerte zu einer sinkenden Nachfrage in hochwertigen Verwertungswegen. Sie wird außerdem durch Abweichung mehrerer Länder untergraben, weshalb weiterhin unterschiedliche länderspezifische Regelungen gelten. Hierdurch bleibt der bürokratische Aufwand für den Einsatz von Recyclingmaterial hoch. Planungssicherheit für Anlagen mit einer hochwertigen Aufbereitung und damit verbundenen hohen Investitions- und Betriebskosten ist nicht gegeben.

**Wirtschaftlichkeit:** Mangelnde Planungssicherheit führt zu einem hohen Investitionsrisiko für aufwendige Aufbereitungsanlagen, welches auch nicht durch Förderungen ausgeglichen oder verringert wird. Preise von Primärmaterialien steigen nicht signifikant an. Da eine Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor nicht konsequent umgesetzt wird, kommt es zu keiner drastischen Steigerung von Transportpreisen für Primärmaterial und für den Transport von Bauschutt zu weiter entfernten Verfüllstätten. Auch die Annahmgebühren der Verfüllstätten steigen nicht drastisch an. Dies bedeutet, dass die Aufbereitung der Betonfraktion als Zuschlagstoff für R-Beton nicht wirtschaftlich ist. Recyclingmaterial für Schottertragschichten und Frostschutzschichten ist grundsätzlich wirtschaftlich – sofern es eine Nachfrage gibt.

**Akzeptanz:** Durch den unverändert hohen bürokratischen Aufwand – welcher nicht durch besonders große Wirtschaftlichkeit ausgeglichen werden kann – bleiben Recyclingbaustoffe in öffentlichen Ausschreibungen weiterhin unberücksichtigt. Die bereits geringe Akzeptanz für den ungebundenen Einsatz in privaten Baumaßnahmen sinkt aufgrund der strengeren Grenzwerte weiter, wodurch auch hochwertige Recyclingbaustoffe noch verstärkt für minderwertige Verwertungswege eingesetzt werden.

### Nachfrage und Auswirkungen auf Verwertungswege:

Die Verwertungswege dieses Szenarios sind in Abb. 61 zusammengefasst. Die Verwertungswege entsprechen denen des Szenarios ‚Business as Usual‘, es tritt aber eine mengenmäßige Verschiebung hin zu minderwertigeren Verwertungswegen auf.

**R-Beton:** Grundsätzlich gibt es eine Nachfrage für recycelte Gesteinskörnungen als Zuschlagstoff in R-Beton. Diese reicht allerdings nicht aus, um das Investitionsrisiko für entsprechende Aufbereitungsanlagen und für die Ausrichtung von Betonwerken auf sekundäre Gesteinskörnungen zu rechtfertigen. Der Einsatz von Recyclinggesteinskörnungen in Beton bleibt daher im Untersuchungsgebiet weiterhin ohne Bedeutung.

**Schottertragschicht und Frostschutzschicht:** Da die öffentliche Hand Recyclingmaterial weiterhin ablehnt, bleibt die Nachfrage für ungebundene Tragschichten im Straßenbau vernachlässigbar. In privaten Baumaßnahmen wird Betonbruch zwar noch in Frostschutzschichten und vereinzelt in Schottertragschichten eingesetzt, dieser Verwertungsweg verliert allerdings aufgrund der strengen Grenzwerte an Bedeutung. Ziegelmaterial findet in diesem Verwertungsweg auch in geringen Mengen keine Akzeptanz.

**Arbeitsraumverfüllung:** Zur Arbeitsraumverfüllung wird aus der Abfallgruppe des Bauschutts weiterhin nur Betonbruch eingesetzt.

---

Erdbau und ungebundener Wegebau: Erdbau und ggf. ungebundener Wegebau stellen einen Verwertungsweg für Beton, Ziegel und Gemische dar. Es werden in den Verwertungswegen nur die jeweils höchstwertigen verfügbaren Recyclingmaterialien eingesetzt. Aufgrund der sinkenden Nachfrage für Frostschutzschichten verdrängt Betonbruch in diesem Verwertungsweg weniger hochwertige Recyclingbaustoffe.

Übertägige Bergbauverfüllung: Der minderwertige Verwertungsweg der Verfüllung in übertägigen Bergbaustätten gewinnt trotz hoher Annahmegebühren weiter an Bedeutung für die Abfallarten Ziegel und Gemische.

### **Szenario 3: Beschränktes Angebot**

Dieses Szenario beschreibt eine steigende Nachfrage nach hochwertigen Recyclingbaustoffen bei konstantem Angebot an Recyclingmaterial.

#### Entwicklung des Angebots:

Das Angebot an Recyclingbaustoffen aus Bauschutt folgt der unteren Abschätzung des deutschlandweiten Trends und bleibt konstant auf dem aktuellen Niveau. Wie im Szenario ‚Business as Usual‘ folgt dies der Annahme, dass Abrisstätigkeit, Trennschärfe der Materialfraktionen beim Abriss und Rückgewinnungsraten in der Aufbereitung konstant bleiben.

#### Randbedingungen:

Recht und Bürokratie: Ein einheitliches Zertifizierungssystem wird eingeführt, welches bau- und umwelttechnische Eigenschaften zusammenführt und gleiche bürokratische Anforderungen (z. B. Schadstoffanalysen) an Primär- und Sekundärmaterialien stellt. Länderspezifische Regelungen bezüglich umwelttechnischer Anforderungen werden durch die Ersatzbaustoffverordnung abgelöst, wodurch der bürokratische Aufwand für den Einsatz von Recyclingmaterial sinkt und Planungssicherheit für Anlagen mit einer hochwertigen Aufbereitung und damit verbundenen hohen Investitions- und Betriebskosten gegeben ist. Die Grenzwerte der Ersatzbaustoffverordnung haben keinen signifikanten Einfluss auf die Nachfrage in hochwertigen Verwertungswegen. Verfüllbetriebe erhalten keine neuen Genehmigungen zur Verfüllung von Bauschutt im übertägigen Bergbau, wodurch die Nachfrage in diesem Verwertungsweg sinkt und Annahmegebühren weiter steigen.

Wirtschaftlichkeit: Nicht nur dadurch steigt die Wirtschaftlichkeit der hochwertigen Verwertung. Da die Genehmigung von Steinbrüchen und Abgrabungsstätten immer schwieriger wird, steigen außerdem Primärmaterialpreise kontinuierlich an. Durch eine konsequente Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor steigen Transportpreise. Da Transportwege vom Entstehungsort der Abfallströme zu Aufbereitungsanlagen kürzer sind als zu Deponien und Verfüllstätten und da Transportwege zum Einsatzort von Aufbereitungsanlagen kürzer sind als die des Primärmaterials, steigen Transportkosten für Primärmaterial im Vergleich zu Recyclingmaterial. Direkte Förderung hochwertiger Aufbereitungsanlagen senkt das Investitionsrisiko.

Akzeptanz: Die rechtliche und bürokratische Gleichbehandlung vereinfacht die Inklusion von Recyclingbaustoffen in Ausschreibungen. Die öffentliche Hand erkennt, dass die Wirtschaftlichkeit von Recyclingmaterial in Zukunft auch in hochwertigen Verwertungswegen gegeben sein wird und öffnet sich gegenüber der Nutzung von Sekundärrohstoffen, sodass diese schon jetzt in öffentlichen Ausschreibungen nicht nur berücksichtigt, sondern bei gleicher Qualifikation bevorzugt werden. Durch diese Vorbildfunktion steigt auch die Akzeptanz in privaten Baumaßnahmen. Eine Vermarktung unter einheitlichen Produktnamen schafft weiter Vertrauen gegenüber Recyclingmaterial in hochwertigen Anwendungen.

#### Nachfrage und Auswirkungen auf Verwertungswege:

Die Verwertungswege dieses Szenarios sind in Abb. 62 zusammengefasst.

R-Beton: Steigende Primärmaterialpreise, Transportkosten und Annahmegebühren auf Verfüllstätten sowie gegebene Planungssicherheit und einschlägige Förderung für Aufbereitungsanlagen und Betonwerke machen den Einsatz von Betonbruch in R-Beton wirtschaftlich, weshalb eine Stoffstromverschiebung dorthin stattfindet. Durch die höherwertige Aufbereitung der Betonfraktion erhöht sich ggf. der Anteil des anfallenden Feinmaterials (Brechsand).

Schottertragschicht und Frostschutzschicht: Durch die Berücksichtigung und Bevorzugung von Recyclingmaterial für ungebundene Tragschichten in Ausschreibungen der öffentlichen Hand erfolgt eine Verschiebung der Abfallströme Beton und Ziegel in diesen Verwertungsweg. Auch in privaten Baumaßnahmen werden Beton und Ziegel aufgrund steigender Akzeptanz vermehrt für Schottertragschichten und Frostschutzschichten eingesetzt.

Arbeitsraumverfüllung: Aufgrund der Verschiebung von Betonbruch in höherwertige Verwertungswege kommt bei der Arbeitsraumverfüllung zunehmend Ziegelmateriale zum Einsatz.

Erdbau und ungebundener Wegebau: Der Erdbau und der ungebundene Wegebau stellen weiterhin Verwertungswege für Ziegel und vor allem Gemische dar. Aufgrund der Verschiebung von Beton und zum großen Teil Ziegelmateriale in höherwertige Verwertungswege öffnet sich der Erdbau verstärkt der Abfallart Gemische sowie dem durch die aufwendigere Aufbereitung des Betonbruchs ggf. verstärkenden Brechsand.

Übertägige Bergbauverfüllung: Die Mengen an zu verfüllendem Material sinken, da eine Verschiebung in höherwertige Verwertungswege stattfindet und Annahmegebühren steigen.

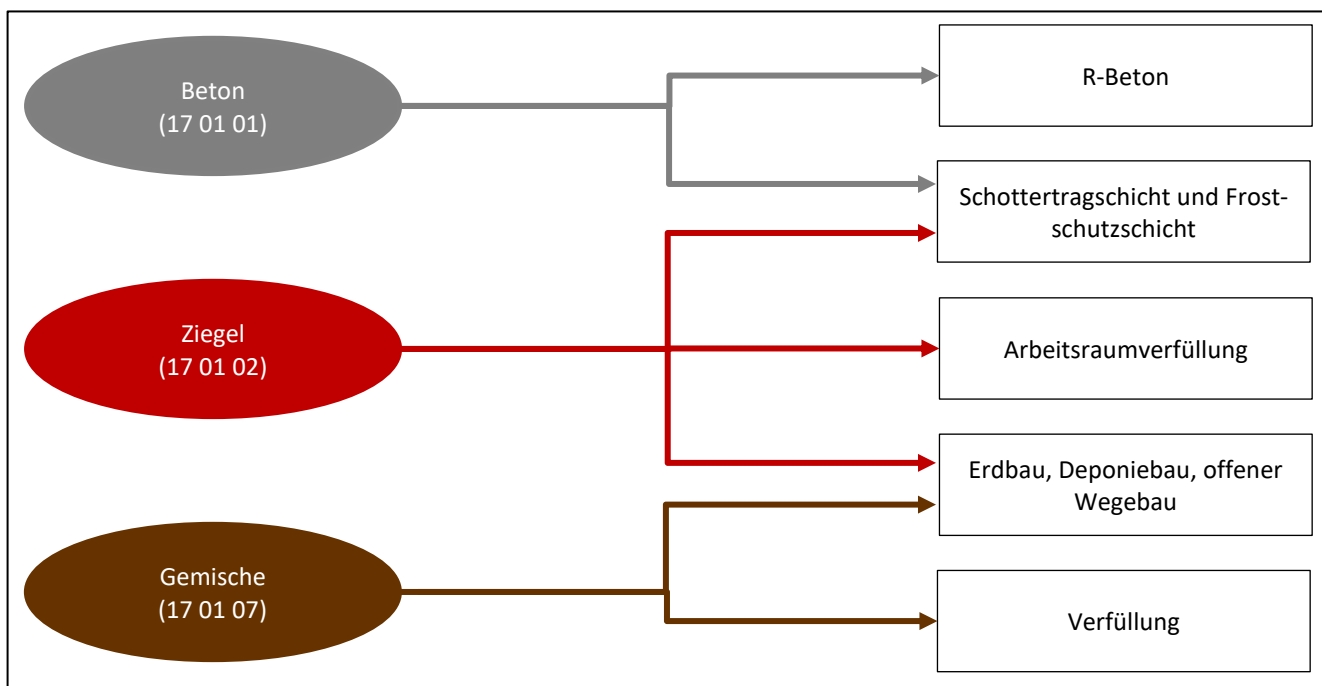


Abb. 62: Verwertungswege in den Szenarien ‚Beschränktes Angebot‘ und ‚Recycling-Boom‘ (eigene Darstellung)

#### Szenario 4: Recycling-Boom

Dieses Szenario beschreibt eine steigende Nachfrage nach hochwertigen Recyclingbaustoffen in Kombination mit einem leicht steigenden Angebot an Recyclingmaterial. Dieses Szenario unterscheidet sich von Szenario ‚Beschränktes Angebot‘ durch ein erhöhtes Angebot an Bauschutt insgesamt und eine größere Menge sortenrein zurückgewonnenen Betonmaterials.

---

### Entwicklung des Angebots:

Durch eine erhöhte Abrisstätigkeit folgt das Angebot an Recyclingbaustoffen aus Bauschutt der oberen Abschätzung des deutschlandweiten Trends und steigt leicht. Die Trennschärfe beim Abriss steigt aufgrund höherer Annahmgebühren für Gemische, weshalb eine größere Menge an Betonschutt anfällt, während die Menge an Gemischen trotz steigender Mengen an Bauschutt nicht signifikant steigt. Durch die höherwertige Aufbereitung der Betonfraktion erhöht sich ggf. der Anteil des anfallenden Feinmaterials (Brechsand).

### Randbedingungen:

**Recht und Bürokratie:** Ein einheitliches Zertifizierungssystem wird eingeführt, welches bau- und umwelttechnische Eigenschaften zusammenführt und gleiche bürokratische Anforderungen (z. B. Schadstoffanalysen) an Primär- und Sekundärmaterialien stellt. Länderspezifische Regelungen bezüglich umwelttechnischer Anforderungen werden durch die Ersatzbaustoffverordnung abgelöst, wodurch der bürokratische Aufwand für den Einsatz von Recyclingmaterial sinkt und Planungssicherheit für Anlagen mit einer hochwertigen Aufbereitung und damit verbundenen hohen Investitions- und Betriebskosten gegeben ist. Die Grenzwerte der Ersatzbaustoffverordnung haben keinen signifikanten Einfluss auf die Nachfrage in hochwertigen Verwertungswegen. Tagebaue erhalten keine neuen Genehmigungen zur Verfüllung von Bauschutt, wodurch die Nachfrage in diesem Verwertungsweg sinkt und Annahmgebühren weiter steigen.

**Wirtschaftlichkeit:** Nicht nur dadurch steigt die Wirtschaftlichkeit der hochwertigen Verwertung. Da die Genehmigung von Steinbrüchen und Abgrabungsstätten immer schwieriger wird, steigen außerdem Primärmaterialpreise kontinuierlich an. Durch eine konsequente Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor steigen Transportpreise. Da Transportwege vom Entstehungsort der Abfallströme zu Aufbereitungsanlagen kürzer sind als zu Deponien und Verfüllstätten und da Transportwege zum Einsatzort von Aufbereitungsanlagen kürzer sind als die des Primärmaterials, steigen Transportkosten für Primärmaterial im Vergleich zu Recyclingmaterial. Direkte Förderung hochwertiger Aufbereitungsanlagen senkt das Investitionsrisiko.

**Akzeptanz:** Die rechtliche und bürokratische Gleichbehandlung vereinfacht die Inklusion von Recyclingbaustoffen in Ausschreibungen. Die öffentliche Hand erkennt, dass die Wirtschaftlichkeit von Recyclingmaterial in Zukunft auch in hochwertigen Verwertungswegen gegeben sein wird und öffnet sich gegenüber der Nutzung von Sekundärrohstoffen, sodass diese schon jetzt in öffentlichen Ausschreibungen nicht nur berücksichtigt, sondern bei gleicher Qualifikation bevorzugt werden. Durch diese Vorbildfunktion steigt auch die Akzeptanz in privaten Baumaßnahmen. Eine Vermarktung unter einheitlichen Produktnamen schafft weiter Vertrauen gegenüber Recyclingmaterial in hochwertigen Anwendungen.

### Nachfrage und Auswirkungen auf Verwertungswege:

Die Verwertungswege dieses Szenarios sind in Abb. 62 zusammengefasst. Die Verwertungswege entsprechen denen des Szenarios ‚Beschränktes Angebot‘, allerdings kommt es durch ein erhöhtes Angebot an Bauschutt und speziell Betonmaterial vor allem in den höherwertigen Verwertungswegen, in denen Recyclingmaterial nicht zur Deckung der Gesamtnachfrage an Baustoffen ausreicht, zu einer größeren Recyclingaktivität.

**R-Beton:** Steigende Primärmaterialpreise, Transportkosten und Annahmgebühren auf Verfüllstätten sowie gegebene Planungssicherheit und einschlägige Förderung für Aufbereitungsanlagen und Betonwerke machen den Einsatz von Betonbruch in R-Beton wirtschaftlich, weshalb eine Stoffstromverschiebung dorthin stattfindet. Aufgrund höherer Trennschärfe beim Abriss fällt mehr sortenreiner Betonbruch an. Durch die höherwertige Aufbereitung der Betonfraktion erhöht sich ggf. der Anteil des anfallenden Feinmaterials (Brechsand).

**Schottertragschicht und Frostschuttschicht:** Durch die Berücksichtigung und Bevorzugung von Recyclingmaterial für ungebundene Tragschichten in Ausschreibungen der öffentlichen Hand erfolgt eine Verschiebung der

Abfallströme Beton und Ziegel in diesen Verwertungsweg. Auch in privaten Baumaßnahmen werden Beton und Ziegel aufgrund steigender Akzeptanz vermehrt für Schottertragschichten und Frostschutzschichten eingesetzt.

Arbeitsraumverfüllung: Aufgrund der Verschiebung von Betonbruch in höherwertige Verwertungswege kommt bei der Arbeitsraumverfüllung zunehmend Ziegelmaterial zum Einsatz.

Erdbau und ungebundener Wegebau: Der Erdbau und ggf. der ungebundene Wegebau stellen weiterhin Verwertungswege für Ziegel und vor allem Gemische dar. Aufgrund der Verschiebung von Beton und zum großen Teil Ziegelmaterial in höherwertige Verwertungswege öffnet sich der Erdbau verstärkt der Abfallart Gemische sowie dem durch die aufwendigere Aufbereitung des Betonbruchs ggf. verstärkt anfallenden Brechsand.

Übertägige Bergbauverfüllung: Die Mengen an zu verfüllendem Material sinken, da eine Verschiebung in höherwertige Verwertungswege stattfindet und Annahmgebühren steigen.

#### 4.5.3.3 Zusammenfassung der Szenarien

Tab. 25 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der qualitativen Abschätzung der einzelnen Szenarioparameter für jedes der Szenarien. Hierbei ist zu beachten, dass eine negative Entwicklung des wirtschaftlichen Risikos einen positiven Effekt auf die Kreislaufwirtschaft hat.

Tab. 25: Qualitative Abschätzung der Entwicklung der Szenarioparameter des Systems Recyclingbaustoffe für die vier Szenarien Business as Usual, Beschränkte Nachfrage, Beschränktes Angebot und Recycling-Boom; ++ = starke positive Veränderung; + = geringe positive Veränderung; 0 = keine Veränderung; - = geringe negative Veränderung (eigene Darstellung)

Parameter	Business as Usual	Beschränkte Nachfrage	Beschränktes Angebot	Recycling-Boom
<b>Angebot an Recyclingbaustoffen</b>	0	+	0	+
<b>Rahmenbedingungen</b>	0	-	+	+
Rechtliche Rahmenbedingungen	0	-	+	+
Wirtschaftlichkeit	0	0	+	+
Transportkosten	0	0	+	+
Preis Primärmaterial	0	0	+	+
Annahmgebühren	0	0	+	+
Wirtschaftliches Risiko	0	0	-	-
Akzeptanz	0	-	+	+
<b>Nachfrage in Verwertungswegen</b>	0	-	+	+
Beton	0	0	++	++
Schottertrag- und Frostschutzschicht	0	-	++	++
Arbeitsraumverfüllung	0	0	+	+
Erdbau, ungebundener Wegebau	0	0	0	0
Übertägige Bergbauverfüllung	0	0	-	-

Das Szenario ‚Business as Usual‘ beschreibt eine Fortführung des Status Quo, in dem weiterhin große Mengen verfüllt werden und nur die höchstwertigen Recyclingmaterialien in höherwertigen Verwertungswegen (z. B. Frostschutzschicht) eingesetzt werden. Das Szenario ‚Beschränkte Nachfrage‘ zeigt die Auswirkungen, wenn sich die aktuellen Zustände noch verschärfen: durch ein erhöhtes Aufkommen an Bauschutt und gleichzeitig verringerter Nachfrage kommt es zu weniger hochwertiger Verwertung und deutlich mehr Verfüllung im übertägigen Bergbau. Die Szenarien ‚Beschränktes Angebot‘ und ‚Recycling-Boom‘ beschreiben dagegen eine positive Entwicklung für die Kreislaufwirtschaft. Dies kann durch förderliche rechtliche Rahmenbedingungen – vor allem

eine Gleichstellung von primären und sekundären Baustoffen, steigende Akzeptanz und Planungssicherheit für Betreiber von Aufbereitungsanlagen erreicht werden. Eine konsequente Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Transportsektor und eine erschwerte Genehmigung neuer Abbaustätten für Primärmaterial würde weiterhin die Wirtschaftlichkeit der Kreislaufwirtschaft steigern. Das Szenario ‚Recycling-Boom‘ zeigt außerdem, dass bei steigendem Anfall von Bauschutt und ambitionierter Trennung der Materialien beim Abbruch eine beträchtliche Menge an hochwertigem Recyclingmaterial zurückgewonnen werden kann, wodurch bei hoher Nachfrage zusätzlich Primärmaterial eingespart werden könnte. Im folgenden Abschnitt soll die Möglichkeit der Treibhausgaseinsparung durch die Substitution von Primärmaterial durch Betonbruch in ungebundenen Tragschichten im Straßenbau der öffentlichen Hand untersucht werden.

#### 4.5.4 Ökobilanz der Erhöhung der Nachfrage nach Recyclingmaterial in ungebundenen Tragschichten

In den vorangegangenen Abschnitten stellte sich vor allem die Öffnung der öffentlichen Hand gegenüber Recyclingmaterial in ungebundenen Tragschichten als ‚Low Hanging Fruit‘ für die Förderung der Kreislaufwirtschaft von Bauschutt heraus. Dies gilt besonders für einen mittelfristigen Betrachtungszeitraum, damit das Angebot und die Nachfrage bezüglich Recyclinggesteinskörnungen für R-Beton etabliert und gesichert werden können. In diesem Abschnitt soll der Effekt abgeschätzt werden, den die aus der gesteigerten Nachfrage nach hochwertigem Recyclingmaterial aus Betonbruch resultierende Stoffstromverschiebung im Untersuchungsgebiet auf die Treibhausgasbilanz hätte. Zur Abschätzung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen dieser Stoffstromverschiebung wurde die Methode der Ökobilanz gewählt. Die Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA) ist eine analytische Methode zur Abschätzung potenzieller Umweltwirkungen von Systemen (z. B. Produkte, Dienstleistungen, Prozesse). Sie ist in internationalen Normen standardisiert (ISO 14040; ISO 14044). Eine Ökobilanz umfasst vier Phasen, welche in Abb. 63 dargestellt sind. Diese vier Schritte bilden einen iterativen Prozess. So können z. B. Zwischenergebnisse in Sachbilanz oder Wirkungsabschätzung eine Anpassung des Untersuchungsrahmens notwendig machen. Die folgenden Abschnitte orientieren sich an den vier Phasen.

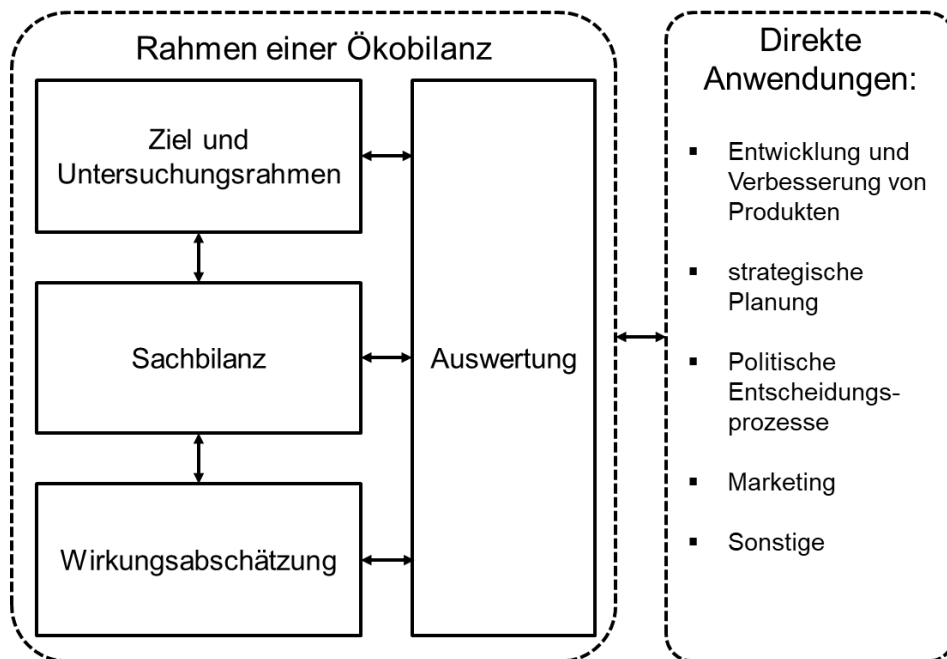


Abb. 63: Phasen einer Ökobilanz und direkte Anwendungen (eigene Darstellung nach ISO 14040)



---

#### 4.5.4.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

In diesem Abschnitt sind das Ziel, die wissenschaftliche Fragestellung, die Funktion und die funktionelle Einheit, der Referenzfluss, die Systemgrenzen, die Anforderungen an die Datenqualität und die zeitliche, geographische und technologische Repräsentativität dieser Studie definiert. Weiterhin wird diskutiert, warum nur der Klimawandel als Wirkungskategorie berücksichtigt wurde.

##### **Ziele und Anwendungsbereich der Studie**

Das Ziel dieser Ökobilanz ist die Beantwortung der folgenden Fragestellung für das Untersuchungsgebiet: Welchen Effekt hätte die Substitution von Schotter aus Naturstein mit Recyclingmaterial aus Betonbruch in ungebundenen Tragschichten (Schottertragschicht und Frostschuttschicht) bezüglich der Treibhausgasemissionen?

Da diese Stoffstromverschiebung hauptsächlich durch eine Erhöhung der Nachfrage in Ausschreibungen der öffentlichen Hand erreicht werden kann, richtet sich diese Ökobilanz direkt an ausschreibende Stellen der öffentlichen Hand der Wissenschaftsstadt Darmstadt und des Landkreises Darmstadt-Dieburg und soll als Entscheidungsunterstützung bezüglich der Inklusion von Recyclingmaterial für ungebundene Tragschichten in öffentlichen Ausschreibungen dienen. Diese Ökobilanz adressiert nicht einzelne Ausschreibungen, sondern die Gesamtheit aller Ausschreibungen für ungebundene Tragschichten im Untersuchungsgebiet für den Zeitraum vor der Etablierung einer Kreislaufwirtschaft für Beton- und Ziegelbruch im Hochbau. Eine externe kritische Prüfung in Anlehnung an ISO 14040/44 wurde nicht durchgeführt.

##### **Funktionelle Einheit**

Die Hauptfunktion des untersuchten Systems ist die Substitution von primärem Schottermaterial mit Recyclingbaustoff aus Betonbruch in ungebundenen Straßenschichten. Da sich diese Ökobilanz zur Veranschaulichung auf eine Tonne Material bezieht, ist die funktionelle Einheit die zusätzliche Nachfrage nach 1 t Recyclingmaterial aus Betonbruch (EAV 17 01 01) in ungebundenen Tragschichten im Untersuchungsgebiet. Der Referenzfluss ist demnach 1 t Recyclingmaterial aus Betonbruch.

##### **Multifunktionalität**

Aufgrund der Zielsetzung folgt diese LCA dem sogenannten ‚Consequential‘-Modellierungsansatz für Ökobilanzen. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse nicht die Umweltwirkungen von Produkten (z. B. Natur- oder Recycling-schotter) widerspiegeln, sondern die der Stoffstromänderungen, die durch eine erhöhte Nachfrage nach Recyclingmaterial bedingt sind. Durch die Wahl dieses Modellierungsansatzes können Allokationen im Vordergrundsystem vermieden werden. Allokationen stellen eine der größten Herausforderungen bei der Erstellung von Ökobilanzen und der Vergleichbarkeit der Ergebnisse dar, weil die Wahl des inhärent subjektiven Allokationsansatzes – also des Verteilungsschlüssels für Stoffströme und Umweltwirkungen bei multifunktionalen Prozessen – die Ergebnisse signifikant beeinflussen kann. Durch die Vermeidung von Allokationen ist keine Sensitivitätsanalyse bezüglich des Allokationsansatzes notwendig. Weiterhin werden nicht durchschnittliche Technologiemixe betrachtet, sondern marginale Technologien – diejenigen Technologien also, die voraussichtlich durch eine Veränderung von Angebot und Nachfrage betroffen wären.

##### **Untersuchungsrahmen**

Der Untersuchungsrahmen dieser Ökobilanz schließt die Prozesse ein, die voraussichtlich durch eine Stoffstromverschiebung betroffen wären. Wir nehmen an, dass eine hochwertige Aufbereitung des Betonbruchs für den Einsatz in ungebundenen Tragschichten in einer stationären Aufbereitungsanlage geschieht. Für die Aufbereitung der verschiedenen Abfallarten (Beton, Ziegel und Gemische) für weniger hochwertige Verwertungswege

---

(Arbeitsraumverfüllung, Erdbau oder Verfüllung im übertägigen Bergbau) wurde eine Aufbereitung in einer mobilen Aufbereitungsanlage angenommen. Da es sich um eine Stoffstromverschiebung der Abfallgruppe Bauschutt – speziell die Abfallarten Beton (EAV 17 01 01), Ziegel (EAV 17 01 02) und Gemische (EAV 17 01 07) – von niedrigeren in höhere Verwertungswege handelt, sind für jeden der betroffenen Verwertungswege ggf. der Transport zur stationären Aufbereitungsanlage, die Aufbereitung in der stationären oder mobilen Aufbereitungsanlage und der Transport zum Einsatzort (Baustelle oder Verfüllstätte) zu beachten. Bei der Abfallentstehung wird von großen Materialmengen ausgegangen, sodass der Transport der mobilen Aufbereitungsanlage nicht ins Gewicht fällt. Für das Primärmaterial wird die Herstellung (Betrieb des Steinbruchs, Zerkleinerung, etc.) sowie der Transport zum Einsatzort betrachtet. Umweltwirkungen, die vor dem Abtransport des Bauschutts von der Baustelle oder bei mobiler Aufbereitung vor der Aufbereitung anfallen, werden nicht betrachtet, da sie voraussichtlich nicht von der Stoffstromverschiebung betroffen wären. Sogenannte Graue Energie, z. B. aus der Herstellung des Betons, aus dem der Betonbruch entstanden ist, ist daher nicht Teil des betrachteten Systems. Wir gehen davon aus, dass die betrachteten Primär- und Sekundärmaterialien ähnliche technische Eigenschaften aufweisen und sich in ihrer Handhabung während und nach dem Einbau nicht signifikant unterscheiden. Aus diesem Grund werden Prozesse, die nach der Lieferung zur Baustelle anfallen, ebenfalls nicht betrachtet. Hierzu gehören der Einbau in den Straßenkörper, die Nutzungsphase des Materials im Straßenkörper und die Beseitigung oder die weitere Verwertung nach dem zukünftigen Wiederausbau aus der Straße.

Experteninterviews ergaben, dass nur die jeweils hochwertigsten Recyclingmaterialien in den jeweiligen Verwertungswegen eingesetzt werden. Weiterhin gehen wir von vergleichbaren Schüttdichten der verschiedenen Primär- und Sekundärmaterialien aus. In Anlehnung an die mögliche Verschiebung der Abfallgruppen in den Verwertungswegen, die im letzten Abschnitt diskutiert wurde, nehmen wir folgenden ‚Dominoeffekt‘ an (siehe Abb. 64):

- Im Verwertungsweg ‚Schottertragschicht und Frostschuttschicht‘ wird eine Tonne Schotter aus gebrochenem Naturstein mit einer Tonne Betonbruch ersetzt. Hierdurch verringern sich die Herstellung von Naturschotter und dessen Lieferung zum Einsatzort um eine Tonne. Stattdessen wird eine Tonne Betonbruch vom Abfallentstehungsort zur stationären Aufbereitungsanlage transportiert, dort gebrochen und klassiert und dann zum Einsatzort transportiert.
- Der Betonbruch wäre ohne die Stoffstromverschiebung zur Arbeitsraumverfüllung eingesetzt worden und steht diesem Verwertungsweg nicht mehr zur Verfügung. Hier verringert sich die mobile Aufbereitung von Betonschutt und der Transport zum Einsatzort um eine Tonne. Gleichzeitig steigt aber die Aufbereitung von Ziegelschutt und dessen Transport um eine Tonne, da dieser den Betonbruch ersetzt. Es kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass die Umweltwirkungen der Aufbereitung von Beton und Ziegel vergleichbar sind. Damit findet in diesem Verwertungsweg keine Veränderung der Prozesse statt.
- Durch die Verschiebung einer Tonne Ziegel in die Arbeitsraumverfüllung verringert sich der Einsatz von Ziegelmaterial in weniger qualifizierten Erdbauanwendungen. Auch hier verringert sich dadurch die mobile Aufbereitung und der Transport von Ziegelmaterial um eine Tonne. Gleichzeitig kann eine Tonne Gemisch zusätzlich in diesem Verwertungsweg eingesetzt werden. Wie bei der Arbeitsraumverfüllung kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass sich die Aufbereitungs- und Transportprozesse hierdurch insgesamt nicht signifikant ändern.
- Die Tonne Gemische, die nun im Erdbau eingesetzt wird, muss nicht im übertägigen Bergbau verfüllt werden. Da das Angebot an Material zur Verfüllung die Nachfrage deutlich übersteigt, wird davon ausgegangen, dass das Gemisch in diesem Verwertungsweg nicht durch Primärmaterial ausgeglichen werden muss. Diese Annahme deckt sich mit der Einschätzung der ecoinvent-Datenbank v.3.7.1.

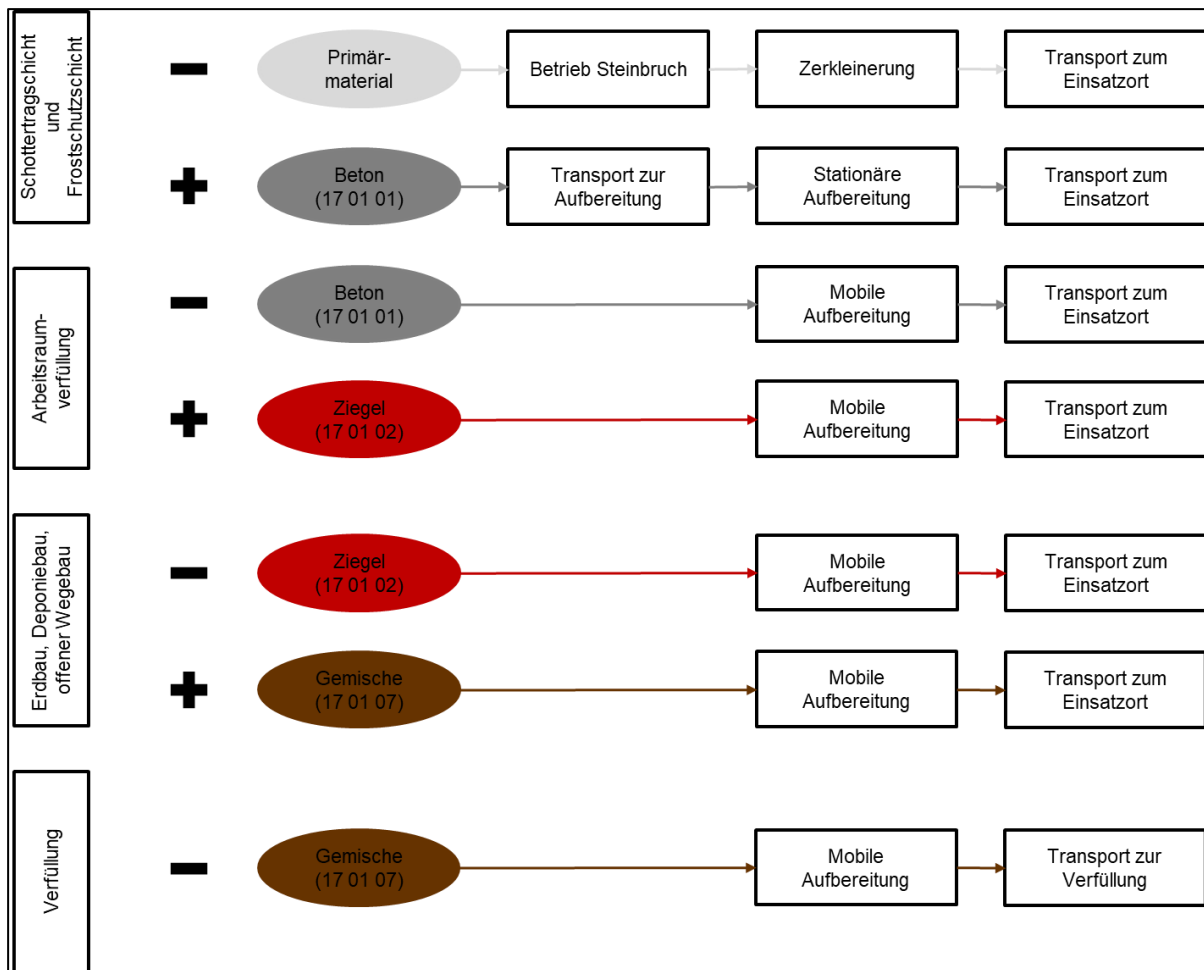


Abb. 64: Systemänderungen (+/-) aufgrund der Substitution von Primärmaterial mit Betonbruch im Verwertungsweg ‚Schottertragschicht und Frostschuttschicht‘ und betrachtete Prozesse (eigene Darstellung)

Netto besteht das System der Stoffstromverschiebungen also aus (1) den eingesparten Prozessen der Herstellung und des Transports des Primärmaterials, (2) der zusätzlichen stationären Aufbereitung des Betons einschließlich der Transporte vom Entstehungsort zur Aufbereitungsanlage und weiter zum Einsatzort und (3) der vermiedenen mobilen Aufbereitung des Gemisches und dem damit verbundenen Transport vom Entstehungsort zur Verfüllstätte.

### Datenerhebung und Datenqualität

Die Annahmen zu den Stoffstromverschiebungen im Vordergrundsystem basieren auf Experteninterviews und Literaturdaten, welche in den vorherigen Abschnitten diskutiert wurden.

Für Prozessdaten wurde auf die Datenbank ecoinvent v3.7.1 zurückgegriffen. In Einklang mit der Zielsetzung dieser Ökobilanz wurde das ‚Consequential‘-Systemmodell ausgewählt, welches marginale Technologien (anstatt von durchschnittlichen Technologiemixen) abbildet und Allokationen vermeidet. Nähere Informationen sind der Dokumentation der ecoinvent-Datenbank v3 (Wernet et al. 2016) zu entnehmen. Die Daten des Hintergrundsystems wurden, wenn möglich, repräsentativ für Deutschland oder Europa gewählt. Produkte, die am globalen Markt gehandelt werden, werden im Hintergrundsystem mit global repräsentativen Datensätzen abgebildet. Die Daten sollen Prozesse in der nahen Zukunft abbilden. Allerdings beziehen sich die Hintergrunddaten der Datenbank ecoinvent ausschließlich auf die Vergangenheit. Dies erhöht, wie in Ökobilanzen üblich, die Unsicherheit der Ergebnisse.

---

Die Berechnung der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung wurde modular in der Software openLCA v1.10 durchgeführt. Die Gesamtberechnung und die Sensitivitätsanalysen wurden anschließend in einem selbst entwickelten Excel-Tool umgesetzt.

### **Betrachtete Wirkungskategorien**

Als Wirkungskategorie wird im Rahmen dieser Ökobilanz nur der Klimawandel betrachtet. Klimawandel stellt die wichtigste Wirkungskategorie dar und könnte in den kommenden Jahren als Entscheidungsgrundlage in Ausschreibungen an Bedeutung gewinnen. Als Wirkungsabschätzungsmethode wurde ReCiPe 2016 (Huijbregts et al. 2017) gewählt. Die Wirkungsabschätzung wurde am Midpoint mit der Standardperspektive (Hierarchist) durchgeführt. Da nur eine Wirkungskategorie betrachtet wird, entfallen Ordnung und Gewichtung, zwei optionale Bestandteile der Wirkungsabschätzung. Auch auf eine Normierung der Ergebnisse wurde verzichtet.

Human- und Ökotoxizität sowie Feinstaubbildung wurden als relevante Wirkungskategorien bezüglich der Verwertung von Bauschutt identifiziert. Die Auslaugung von Schadstoffen, z. B. Sulfaten oder Schwermetallen, konnte in dieser Ökobilanz aufgrund der Komplexität dieser Problematik und der dafür notwendigen umfangreichen Modellbildung nicht betrachtet werden. Wie in Dierks et al. (2021) zusammengefasst, liegen diesbezüglich u. a. folgende Herausforderungen vor:

- Auch Primärmaterial ist durch geogene Hintergrundbelastung mit Schwermetallen belastet. Art und Schwere der Belastung ist vom jeweiligen Gestein und dessen Herkunftsort abhängig.
- Es kann nicht von in einem Material enthaltenen Schadstoffen auf das Auslaugungsverhalten geschlossen werden. Die Auslaugung und die Verteilung der Schadstoffe in der Umwelt sind von einer Vielzahl an Faktoren wie pH-Wert, Bodentyp und Art des Einbaus abhängig – das gleiche Material kann also an einem anderen Ort oder bei einer anderen Einbauweise unterschiedlich auslaugen.
- Auslaugung kann über Jahrhunderte stattfinden. Die Quantifizierung solch langfristiger Umweltwirkungen stellt eine besondere Herausforderung in Ökobilanzen dar.

Da die Wirkungskategorien Humantoxizität und Ökotoxizität ohne die Auslaugung nicht vollständig abgebildet werden konnten, wurden sie in dieser Ökobilanz nicht betrachtet. Auch Feinstaubbildung wurde nicht berücksichtigt, obwohl der Transport und die Aufbereitung von Bauschutt mit erheblichen Feinstaubemissionen verbunden sind. Dies liegt darin begründet, dass Feinstaubemissionen nur lokal in einem bestimmten Umkreis vom Entstehungsort relevant sind und nur dort Schaden verursachen können, wo viele Menschen mit hohen Immissionskonzentrationen betroffen sind. Der Zusammenhang zwischen Emissionen und Immissionen müsste durch Modellbildung für den Fall der Bauschuttaufbereitung im Untersuchungsgebiet hergestellt werden.

#### **4.5.4.2 Sachbilanz**

Im Folgenden sind die Sachbilanzdaten dargestellt. Die verwendeten Datensätze sowie die Stoff- und Energiemengen sind in Tab. 26 dargestellt.

Es wurde davon ausgegangen, dass die betrachteten Materialien – Schotter aus gebrochenem Naturstein, Betonbruch (EAV 17 01 01), Mauerwerksbruch (EAV 17 01 02) und Gemische (EAV 17 01 07) – in den jeweiligen Anwendungen im Massenverhältnis 1:1 substituierbar sind, sich also bezüglich ihrer Dichte und ihrer für die Substitution relevanten technischen Eigenschaften nicht signifikant unterscheiden. Weiterhin wurden für die betrachteten Verwertungswege in ungebundenen Anwendungen keine Substitutionseffekte zweiter Ordnung identifiziert (bei Beton könnte eine Substitution der Gesteinskörnung hingegen mit einer Veränderung des Bedarfs an Binde- oder Fließmittel einhergehen (Dierks et al. 2021)). Für die Aufbereitung wurde im hochwertigen

Verwertungsweg in ungebundenen Tragschichten von einer elektrisch betriebenen stationären Aufbereitungsanlage ausgegangen. Für alle anderen Verwertungswege wurde eine mobile Aufbereitungsanlage angenommen, die hauptsächlich mit Diesel betrieben wird (siehe Tab. 26).

Tab. 26: Verwendete Datensätze und Mengen (eigene Darstellung)

Fluss	Datensatz in ecoinvent 3.7.1 Consequential	Menge	Einheit
<b>Transport</b>			
Transport	Referenzfluss	-1	tkm
transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6	transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6   transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6   Consequential, U	1	tkm
<b>Herstellung Schotter aus gebrochenem Naturstein</b>			
Naturschotter	Referenzfluss	-1	t
gravel, crushed	gravel production, crushed   gravel, crushed   Consequential, U* (*mit Strommix für DE)	1	t
<b>Aufbereitung, stationär (Beton)</b>			
(basierend auf ecoinvent-Datensatz "treatment of waste concrete, not reinforced, sorting plant"; Strommix für DE; Abfallfraktion entfernt; nur Strom als Energiequelle)			
waste concrete, not reinforced	Referenzfluss	1	t
electricity, low voltage	market for electricity, low voltage   electricity, low voltage   Consequential, U - DE	15,8	kWh
excavation, hydraulic digger	excavation, hydraulic digger   excavation, hydraulic digger   Consequential, U - RER	0,505	m3
sorting facility, for construction waste	market for sorting facility, for construction waste   sorting facility, for construction waste   Consequential, U - GLO	1E-07	Item(s)
<b>Aufbereitung, mobil (Gemisch)</b>			
(basierend auf ecoinvent-Datensatz "treatment of waste concrete, not reinforced, sorting plant"; Strommix für DE; Abfallfraktion entfernt)			
waste concrete, not reinforced	Referenzfluss	1	t
diesel, burned in building machine	market for diesel, burned in building machine   diesel, burned in building machine   Consequential, U - GLO	43,7	MJ
electricity, low voltage	market for electricity, low voltage   electricity, low voltage   Consequential, U - DE	3,7	kWh
excavation, hydraulic digger	excavation, hydraulic digger   excavation, hydraulic digger   Consequential, U - RER	0,505	m3
sorting facility, for construction waste	market for sorting facility, for construction waste   sorting facility, for construction waste   Consequential, U - GLO	1E-07	Item(s)

Als Transportmittel wurden Diesel-LKW (EURO 6) mit einem Gesamtgewicht von 16-32 Tonnen angenommen. Die Transportdistanzen wurden in Experteninterviews abgeschätzt. Hierbei wurde eine Transportdistanz zwischen Steinbruch und Einsatzort des Schotters aus Naturgestein mit durchschnittlich 50-100 km abgeschätzt. Auch der Transportweg für Material zur Verfüllung vom Abfallentstehungsort zur Verfüllstätte wurde mit 50-100 km abgeschätzt. Die Einschätzung für die Wege von Abfallentstehungsort zur Aufbereitungsanlage und von der Aufbereitungsanlage zum Einsatzort ergaben jeweils Distanzen von 20-30 km. Es wurden daher die Treibhausgasemissionen für die folgenden Transportszenarien berechnet, wobei ‚Worst Case‘ und ‚Best Case‘ im Rahmen der Wirkungsabschätzung als Sensitivitätsanalyse diskutiert werden:

- Baseline: Jeweils 25 km vom Abfallentstehungsort des Betons zur Aufbereitungsanlage und weiter zum Einsatzort; jeweils 75 km vom Steinbruch zum Einsatzort und vom Abfallentstehungsort des Gemisches zur Verfüllstätte.
- Best Case: Jeweils 20 km vom Abfallentstehungsort des Betons zur Aufbereitungsanlage und weiter zum Einsatzort; jeweils 100 km vom Steinbruch zum Einsatzort und vom Abfallentstehungsort des Gemisches zur Verfüllstätte.
- Worst Case: Jeweils 30 km vom Abfallentstehungsort des Betons zur Aufbereitungsanlage und weiter zum Einsatzort; jeweils 50 km vom Steinbruch zum Einsatzort und vom Abfallentstehungsort des Gemisches zur Verfüllstätte.

Es wurde angenommen, dass das Feinmaterial, welches in der Aufbereitung des Betonbruchs anfällt, nicht abgetrennt werden muss sondern ebenfalls in der ungebundenen Tragschicht eingesetzt wird. Diese Annahme ist allerdings als unsicher einzuschätzen. Es wurde daher im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse untersucht, wie sich die Ergebnisse des Szenarios mit durchschnittlichen Transportwegen ändern, wenn 40 % des Betonbruchs als Brechsand in die übertägige Verfüllung verbracht werden muss. Wie in den vorherigen Abschnitten diskutiert, ist eine hochwertige Verwertung von Brechsand technisch möglich, wird aber bisher nicht umgesetzt.

**4.5.4.3 Wirkungsabschätzung**

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung, einschließlich der Sensitivitätsanalysen bezüglich der Transportdistanzen, sind in Abb. 65, Abb. 66 und Abb. 67 veranschaulicht. Alle Werte wurden auf ganze Zahlen gerundet, um den bei Ökobilanzen grundsätzlich hohen Unsicherheiten Rechnung zu tragen. Im ‚Baseline‘-Szenario (siehe Abb. 65) werden durch die Substitution von 1 t Schotter aus gebrochenem Naturgestein mit 1 t Recyclingmaterial aus Betonbruch Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 23 kg CO<sub>2</sub>-Äq. eingespart.

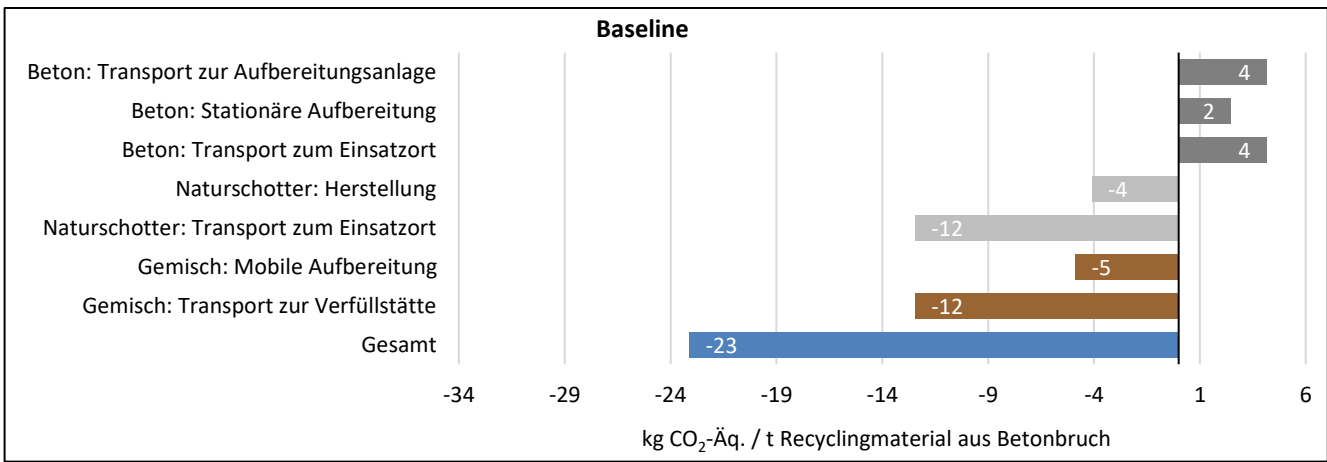


Abb. 65: Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Transportszenario ‚Baseline‘; alle Werte sind gerundet (eigene Darstellung)

---

Die Treibhausgasemissionen der stationären Aufbereitung des Betonbruchs werden maßgeblich durch den Strombedarf der Zerkleinerung und Sortierung (87 %) bestimmt. Der Transport auf dem Anlagengelände mit Baggern trägt 11 % der Treibhausgasemissionen bei. Die Bereitstellung der Anlage selbst ist bezüglich der Emissionen nicht signifikant.

Bei der mobilen Aufbereitung des Gemisches wurde angenommen, dass der Energiebedarf hauptsächlich aus Diesel gedeckt wird. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen wider: die Bereitstellung und Verbrennung von Dieseltreibstoff hat einen Anteil von 83 % an den Treibhausgasemissionen. Die Bereitstellung von elektrischem Strom (10 %), der Transport auf der Baustelle (6 %) und die Bereitstellung der Aufbereitungsanlage (< 1 %) haben deutlich geringere Anteile an den Treibhausgasemissionen der mobilen Aufbereitung. Die Emissionen der mobilen Aufbereitung sind durch den fossilen Energieträger (Diesel) signifikant höher als die der stationären Aufbereitung. Dies liegt darin begründet, dass die marginalen Energieträger in Deutschland größtenteils erneuerbar sind.

Die Emissionen der Primärmaterialherstellung entstehen hauptsächlich durch die Bereitstellung und Verbrennung von Dieselmotorkraftstoff beim Betrieb des Steinbruchs und bei der Zerkleinerung des Gesteins (32 %), durch die Bereitstellung der Werksgebäude (30 %) und Maschinen (8 %) sowie durch den Strombedarf (13 %). Hier zeigt sich, dass in diesem Datensatz die Bedarfe an Gebäuden und Maschinen deutlich höher geschätzt wurden als für Bauschuttanfertigungsanlagen. Dies könnte eine Überschätzung im Vergleich mit der Bauschuttanfertigung sein. Aufgrund des insgesamt geringen Einflusses dieses Parameters kann der Einfluss auf das Gesamtergebnis allerdings als gering eingeschätzt werden.

#### **Sensitivitätsanalyse: Transportdistanzen**

Den mit Abstand größten Einfluss auf das Gesamtergebnis haben, wie in Abb. 65 zu erkennen, die Transportaufwände. Deren Beitrag ist sowohl bei den zusätzlichen Emissionen durch die hochwertige Aufbereitung des Betonschutts, als auch bei der vermiedenen Bereitstellung des Primärschotter und der vermiedenen Verfüllung des Gemisches am größten. Dierks et al. (2021) stellten fest, dass in Ökobilanzen zum Thema der Verwertung mineralischer Abfälle wie Bauschutt der Parameter Transportaufwand grundsätzlich einen Hotspot und sehr oft einen signifikanten Parameter darstellt.

Da die Transportdistanzen einer gewissen Unsicherheit unterliegen, wird in diesem Abschnitt diskutiert, ob die Unsicherheiten bezüglich des Transportaufwandes einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse bezüglich der Treibhausgasbilanz haben könnten. Hierzu wurde zunächst analysiert, welchen Einfluss der Parameter Transportaufwand grundsätzlich auf die Treibhausgasbilanz haben kann (Sensitivitätsanalyse in Anlehnung an ISO 14044, Kapitel 4.4.4). Anschließend wurde überprüft, ob die aus der Sensitivitätsanalyse gewonnenen Ergebnisse für die in dieser Ökobilanz getroffenen Schlussfolgerungen relevant sind (Sensitivitätsprüfung in Anlehnung an ISO 14044, Kapitel 4.5.3.1). Hierzu wurden die aus Sicht der Kreislaufwirtschaft jeweils besten (Best Case; siehe Abb. 66) und schlechtesten (Worst Case; siehe Abb. 67) Transportdistanzen der im Rahmen der Experteninterviews ermittelten Spannweite angenommen. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen, dass die Einsparungen im Best Case auf 33 kg CO<sub>2</sub>-Äq. ansteigen. Auch im Worst Case sind noch Einsparungen in Höhe von 13 kg CO<sub>2</sub>-Äq. zu erwarten.

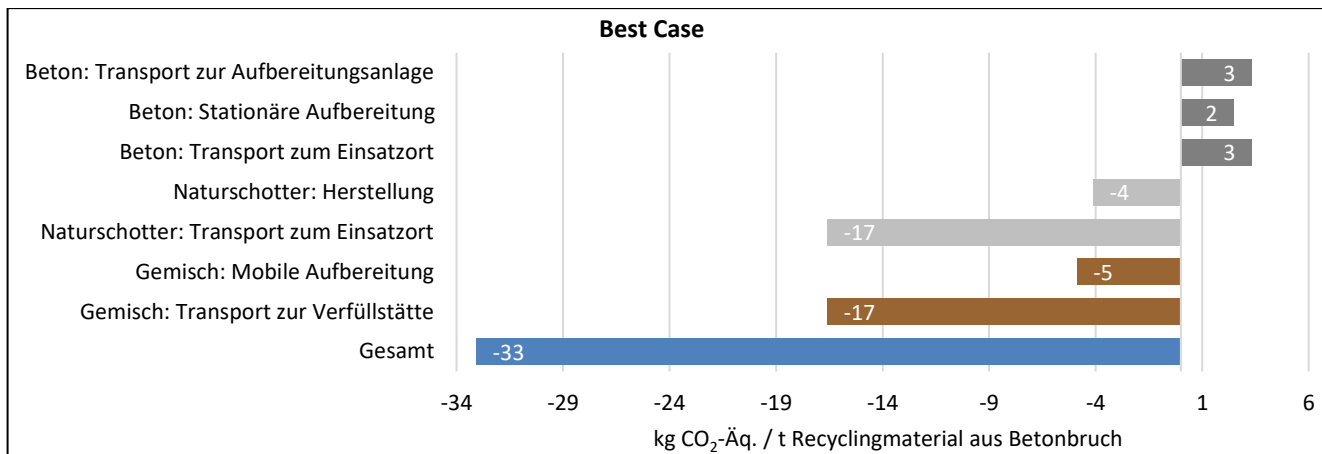


Abb. 66: Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Transportszenario ‚Best Case‘; alle Werte sind gerundet (eigene Darstellung)

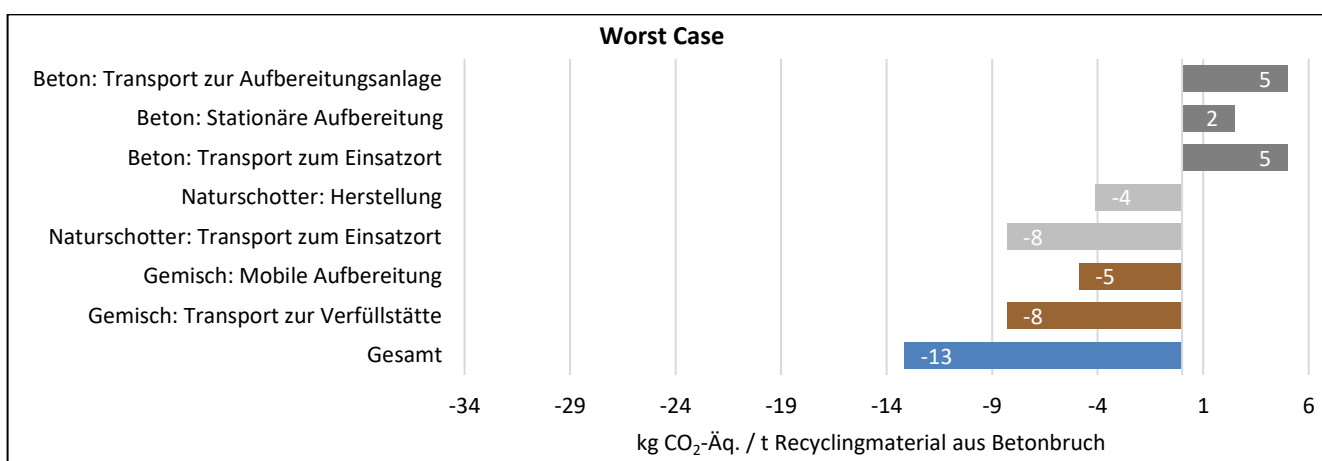


Abb. 67: Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für das Transportszenario ‚Worst Case‘; alle Werte sind gerundet (eigene Darstellung)

Dies zeigt, dass der Transportaufwand einen großen Einfluss auf die Ergebnisse haben kann und grundsätzlich als signifikanter Parameter einzustufen ist. Die Schlussfolgerungen ändern sich für das Untersuchungsgebiet bei der gegebenen Spannweite an Transportdistanzen allerdings nicht.

### Sensitivitätsanalyse: Verfüllung des Brechsandes

Für den Fall der Abtrennung und Verfüllung des bei der Aufbereitung von Beton anfallenden Brechsandes wurde ebenfalls eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierzu wurde angenommen, dass 40 % des Betonbruchs bei der stationären Aufbereitung – anders als bei der mobilen Aufbereitung für minderwertige Verwertungswege – als Brechsand anfällt und verfüllt werden muss. Damit verändern sich die Mengenverhältnisse der Stoffstromverschiebung. Um eine Tonne Primärschotter zu ersetzen, werden nun 1,67 t Betonbruch benötigt – wovon 0,67 t (40 %) als Brechsand anfallen und verfüllt werden. Dies erhöht bei gleicher Transportdistanz entsprechend den Transportaufwand des Betonbruchs zur Aufbereitungsanlage. Außerdem muss das entstandene Feinmaterial zu einer Verfüllstätte transportiert werden. Diese Transportdistanz wurde als Differenz aus der längeren Distanz von und zu Steinbrüchen (75/100/50 km) und der Distanz zu und von der Aufbereitungsanlage (25/20/30 km) angenommen. Damit ergeben sich Transportdistanzen von 50 km (Baseline), 80 km (Best Case) und 20 km (Worst Case). Tatsächlich könnte die zusätzliche Transportdistanz des Brechsandes zur Verfüllstätte höher ausfallen, da es sich bei dem Transportweg des Anteils, der in der Aufbereitungsanlage abgeschieden wird, um einen Umweg (vom Abfallentstehungsort über die Aufbereitungsanlage zur Verfüllstätte) handelt. Die



Herstellung und der Transport des Primärschotter sind von der Veränderung nicht betroffen. Die vermiedene Verfüllung von Gemischen steigt allerdings entsprechend der innerhalb des Stoffstromsystems verschobenen Menge an Betonbruch auf 1,67 t. Auch die Treibhausgaseinsparung aufgrund des Transports des Gemisches zur Verfüllstätte steigt entsprechend.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse (siehe Abb. 68) zeigen, dass die Gesamtheit Transportaufwände unter diesen Annahmen gleichbleiben. Eine Verschiebung findet in der Art der Aufbereitung des zu verfüllenden Materials statt. Es werden 0,67 t Beton zusätzlich stationär und im Gegenzug die gleiche Menge an Gemischen weniger mobil aufbereitet. Aufgrund der Annahme, dass ein vermehrter Betrieb der stationären Anlage die Nachfrage nach Strom aus erneuerbaren Energien (marginale Energieträger) erhöht, während der verringerte Betrieb der mobilen Anlage Dieselkraftstoff einspart, sinken die Treibhausgasemissionen insgesamt leicht. Da, wie oben diskutiert, der Transportweg des Brechsandes von der Aufbereitungsanlage zur Verfüllstätte eher länger ist als hier angenommen, wird dieser Vorteil allerdings wieder ausgeglichen.

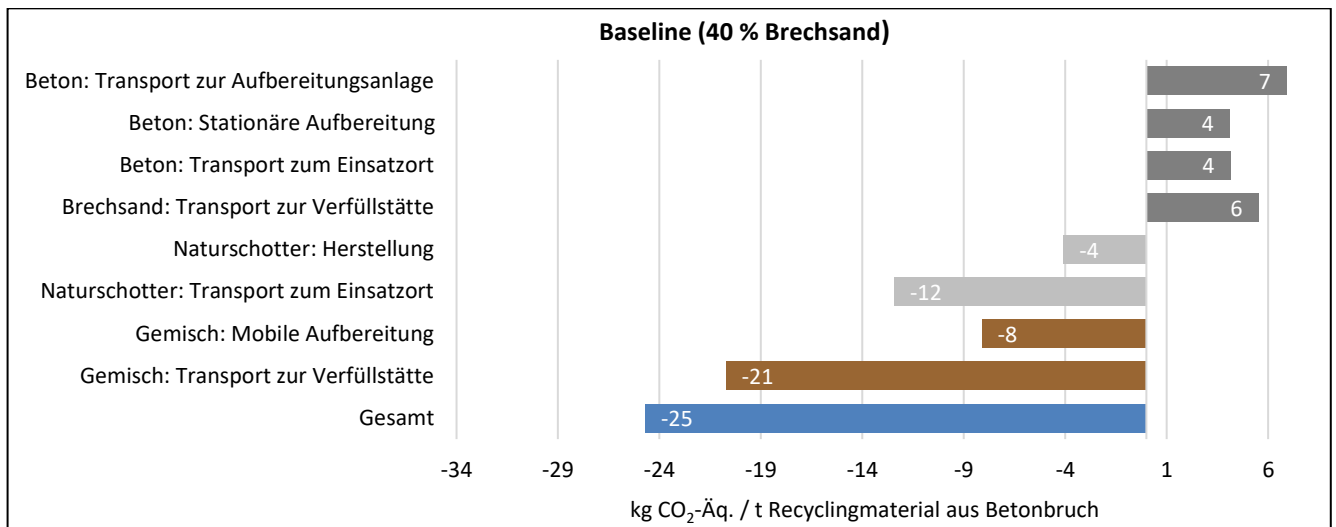


Abb. 68: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bezüglich der Verfüllung des Brechsandes; alle Werte sind gerundet (eigene Darstellung)

Bedeutet dies also, dass es grundsätzlich egal ist, ob Brechsand abgeschieden und verfüllt wird? Diese Schlussfolgerung ist auch bei den getroffenen Annahmen nur gültig, solange die Nachfrage nach Recyclingmaterial aus Betonbruch deutlich unter dem Angebot liegt. Sobald eine Kreislaufwirtschaft für Betonbruch etabliert ist und das Angebot an Beton den limitierenden Faktor für die Recyclingaktivität darstellt, würde eine größere Feinfraktion zur verringerten Substitution von Primärmaterial führen. Dies ist der Fall, weil durch die Verfüllung kein Primärmaterial eingespart wird. Bezogen auf eine Tonne Betonbruch würden also nur 0,6 t Primärmaterial und der damit verbundene Transportweg eingespart werden. Bezogen auf die zusätzliche Verwertung von 1 t Betonbruch in ungebundenen Tragschichten bedeutet dies, dass die Einsparung an Treibhausgasemissionen durch die Notwendigkeit der Verfüllung des Feinmaterials auf 15 kg CO<sub>2</sub>-Äq. (Baseline), 21 kg CO<sub>2</sub>-Äq. (Best Case) und 9 kg CO<sub>2</sub>-Äq. (Worst Case) sinken.

Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalyse zeigen (siehe Abb. 69), dass der Anfall und die Verwertung der Feinfraktion ebenfalls grundsätzlich einen signifikanten Parameter darstellen können, sobald nicht mehr die Nachfrage, sondern das Angebot an Betonschutt den limitierenden Faktor der Verwertung darstellt. Hieraus lässt sich schließen, dass die hochwertige Verwertung des Feinmaterials auch aus ökologischer Sicht einen hohen Stellenwert einnehmen sollte. Die Schlussfolgerungen der Ökobilanz verändern sich auch durch diesen Parameter nicht.

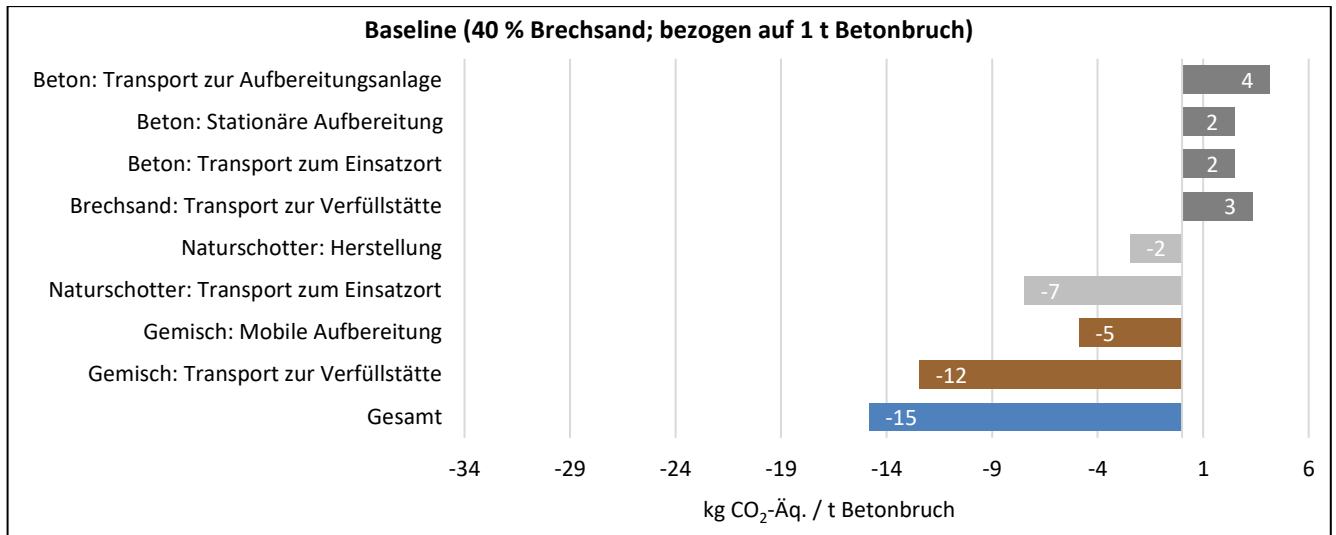


Abb. 69: Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bezüglich der Verfüllung des Brechsandes bezogen auf 1 t Betonbruch; alle Werte sind gerundet (eigene Darstellung)

#### 4.5.4.4 Auswertung

In diesem Abschnitt ist die Auswertung der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung dokumentiert. Dafür wurden die Ergebnisse bezüglich der Sensitivität auf die verwendeten Daten, der Vollständigkeit der Daten und der Konsistenz beurteilt. Auf Basis der Beurteilung werden die Einschränkungen der Ergebnisse diskutiert. Abschließend sind die Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur Verwendung der Ergebnisse dokumentiert.

#### Beurteilung der Ergebnisse

Eine Vielzahl an Parametern kann die Ergebnisse potenziell signifikant beeinflussen. Hierzu gehören die Transportdistanzen und die möglicherweise notwendige Verfüllung des Feinmaterials, welche im Rahmen der Sensitivitätsanalysen untersucht wurden. Bei Ökobilanzen zur Entscheidungsunterstützung besteht grundsätzlich eine große Unsicherheit durch die Tatsache, dass die Auswirkungen der zu untersuchenden Entscheidung ausschließlich in der Zukunft liegen. Dies betrifft im vorliegenden Fall v. a. die Identifikation der marginalen Technologien zur Bereitstellung elektrischer Energie (in dieser Ökobilanz wurde den Abschätzungen der ecoinvent-Datenbank gefolgt) und die Wahl der Transportmittel (hier: Diesel-LKW, EURO 6, 16-32 t). Außerdem sind die Hintergrunddaten der ecoinvent-Datenbank nicht unbedingt für zukünftige Systeme repräsentativ, da sie grundsätzlich bestehende Prozesse beschreiben. Aufgrund des Consequential-Modellierungsansatzes wurden Allokationen in der Sachbilanz vermieden. Aus diesem Grund stellt der Allokationsansatz in dieser Ökobilanz keinen signifikanten Parameter dar.

#### Vollständigkeitsprüfung:

Nach eigener Einschätzung sind grundsätzlich alle für das Ziel und den Untersuchungsrahmen relevanten Informationen und Daten vorhanden. Eine unvermeidbare Ausnahme ist die Tatsache, dass bisher keine Datengrundlage für zukünftige Prozesse existiert und daher auf Daten zurückgegriffen werden muss, die bereits existierende Technologien beschreibt. Die relevanten Wirkungskategorien Humantoxizität, Ökotoxizität und Feinstaubbildung konnten, wie oben beschrieben, nicht betrachtet werden.

#### Sensitivitätsprüfung:

Die Sensitivitätsanalysen bezüglich der Parameter Transportaufwand und Verfüllung von Brechsand haben ergeben, dass diese Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die Wirkungsabschätzungsergebnisse haben. Die

---

Schlussfolgerungen werden hierdurch allerdings nicht beeinflusst, da auch bei einer Kombination der ungünstigsten Rahmenbedingungen bezüglich der beiden Parameter eine Stoffstromverschiebung des Betonbruchs in den höherwertigen Verwertungsweg der ungebundenen Tragschichten zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen führen würde.

#### Konsistenzprüfung:

Die Datenerfassung wurde mit einer konsistenten Excel-Vorlage durchgeführt. Die erfassten Daten weisen einen konsistenten Detaillierungsgrad auf. Allokationen im Vordergrundsystem wurden konsistent durch Systemerweiterung vermieden. Die Datensätze des Hintergrundsystems stammen aus einer einheitlichen Quelle (ecoinvent v3.7.1). Die Datensätze in ecoinvent v3.7.1 weisen allerdings kein einheitliches Alter und keinen einheitlichen Detaillierungsgrad auf. Für die Wirkungsabschätzung wurden konsistent die Charakterisierungsfaktoren der Wirkungsabschätzungsmethode ReCiPe 2016 verwendet. Auf die optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung, Ordnung, Gewichtung und Normierung, wurde für alle Ergebnisse verzichtet. Die Zusammenführung der Sachbilanz und der modularen Wirkungsabschätzungsergebnisse wurde in einer konsistenten Excel-Tabelle durchgeführt. Insgesamt befinden sich die Annahmen, Methoden und Daten in Übereinstimmung mit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen.

#### **Einschränkungen**

Grundsätzlich können die Ergebnisse dieser Ökobilanz bezüglich der Vollständigkeit, Sensitivität und Konsistenz als robust eingestuft werden. Die wichtigste Einschränkung bezüglich der Vollständigkeit ist die Tatsache, dass die als potenziell relevant identifizierten Wirkungskategorien Humantoxizität, Ökotoxizität und Feinstaubbildung nicht betrachtet werden konnten. Diese Einschränkung sollte bei der Verwendung der Ergebnisse dieser Ökobilanz beachtet werden. Die in Ökobilanzen übliche Unsicherheit der für zukünftige Prozesse nicht unbedingt repräsentativen Sachbilanzdaten ist bei der Verwendung der Ergebnisse ebenfalls zu beachten. Die Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen ergaben hingegen keine signifikanten Einschränkungen bezüglich der Schlussfolgerungen und Empfehlungen. Es wurde keine externe kritische Prüfung in Anlehnung an ISO 14040/44 durchgeführt.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

Für das Ziel der Minimierung von Treibhausgasemissionen ist eine Substitution von Schotter aus Naturgestein mit einem Recyclingmaterial aus Betonbruch in ungebundenen Tragschichten im Untersuchungsgebiet vorteilhaft. Eine Berücksichtigung von Recyclingmaterial in Ausschreibungen der öffentlichen Hand ist daher bezüglich der Treibhausgasemissionen empfehlenswert.

Die gleichmäßige Untersuchung von Primär- und Recyclingbaustoffen auf eine mögliche Auslaugung von Schwermetallen, Sulfaten und anderen Schadstoffen ist zu empfehlen. Diese Untersuchungen müssen materialspezifisch durchgeführt werden, weshalb im Rahmen dieser Ökobilanz hierzu keine Aussage getroffen werden konnte.

Bezogen auf die Masse sind die Treibhausgaseinsparungen durch eine hochwertige Verwertung von Bauschutt im Vergleich zur Verwertung anderer Materialien gering. Das liegt daran, dass die Aufbereitung von Bauschutt und die Herstellung von Schotter aus Naturstein mit einem viel geringeren Energiebedarf verbunden ist als es z. B. bei pyrometallurgischen oder elektrolytischen Verfahren der Fall ist. Durch die großen Mengen an mineralischen Abfällen, die in Deutschland jährlich anfallen, kann die hochwertige Verwertung von Bauschutt und anderen mineralischen Abfällen und Nebenprodukten (z. B. Stahlwerksschlacken) jedoch einen wichtigen Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität darstellen.

---

## 4.5.5 Treibhausgasbilanz der Substitution von primären Bauteilen durch Wiederverwendung

Neben den gestalterischen und ökonomischen Anreizen ist für die Wiederverwendung von Bauteilen der Aspekt der ökologischen Vorteilhaftigkeit von Interesse. Das potenzielle Treibhausgaseinsparpotenzial stellt ein wesentliches Argument für die Substitution neuer Bauprodukte durch wiederverwendbare Bauteile und einen ergänzenden Antrieb für entsprechende Geschäftsmodelle dar. Die Datensätze werden im Wesentlichen als Teil der Hintergrunddatenbank des im Projekt entwickelten Materialertragsrechners in Kapitel 4.6.2 vorgestellt und als Unterstützung der Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.3 und 4.6 erstellt.

### 4.5.5.1 Einsparpotenzial von Treibhausgasen

Die Ermittlung entsprechender Werte für das Treibhausgaseinsparpotenzial dienen den folgenden Zwecken:

- der Feststellung, ob die Implementierung des Geschäftsmodells und die damit verbundene Einsparung der primären Bauteilherstellung aus ökologischer Sicht Vorteile mit sich bringt und ob Nutzern, so neben ökonomischen Aspekten auch andere angeboten werden können.
- eines Überblicks der aus ökologischer Sicht besonders signifikanten Bauteile. Diese Informationen können in ein Weiterbildungspaket für Bauherr:innen und Architekt:innen aufgenommen werden und für die Unterstützung von Entscheidungen bezüglich der Wahl wiederzuverwendender Bauteile und Wiederverwendungswege eingesetzt werden.

Im Rahmen des Projektes wurde das Potenzial des eingesparten Treibhausgases durch die vermiedene Produktion/Herstellung bestimmter Bauteile in einem ersten Ansatz ermittelt. Die Daten wurden der ÖKOBAUDAT entnommen und in Anlehnung an das Vorgehen der Ökobilanzen nach ISO 14040/44 ausgewählt. Das Ergebnis des Arbeitspakets ist die Auswahl und die Aufbereitung relevanter Datensätze über das mögliche Treibhausgaseinsparpotenzial (siehe Anhang 6), siehe Hagedorn et al. 2021b). Für alle wiederverwendbaren Bauprodukte konnte im Rahmen des Projekts ein Einsparpotenzial für Treibhausgase festgestellt werden.

Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Schritte zur Ermittlung und die Ergebnisse des Treibhausgaseinsparpotenzials vorgestellt. Neben der methodischen Darstellung findet auch eine kritische Auseinandersetzung statt. Als Abschluss des Teilarbeitspakets wird in einer Zusammenfassung ein finaler Überblick der Ergebnisse und der zu beachtenden Limitationen sowie eine Empfehlung bezüglich des weiteren Vorgehens gegeben.

### 4.5.5.2 Methode

Abb. 70 zeigt einen Überblick des methodischen Vorgehens zur Ermittlung des Treibhausgaseinsparpotenzials durch den Einsatz wiederverwendbarer Bauteile als Substitut.

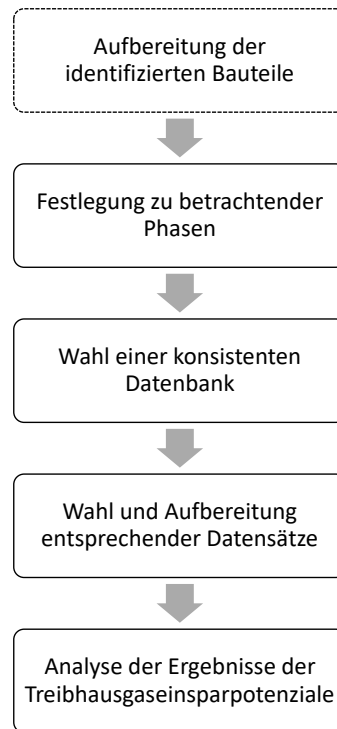


Abb. 70: Überblick der Methode zur Bestimmung des Treibhausgaseinsparpotenzials wiederverwendbarer Bauteile (eigene Darstellung)

Die in Anhang 6 beschriebene Bauteilliste an wiederverwendbaren Bauteilen sowie deren Substitutionsmöglichkeiten dient als Grundlage der Datensammlung. Die Liste wurde während des Projekts stets weiter ergänzt, überarbeitet und kann auch über das Projektende hinaus weitergeführt werden. Im Anschluss werden die Systemgrenzen bezüglich der zu betrachtenden Lebensphasen definiert. Hierbei wird der Ansatz der Vermeidung neu produzierter Bauteile verfolgt und folglich der Fokus auf die Herstellung im Lebensweg des substituierten Produktes gelegt. Aufgrund der Vielzahl an zu untersuchenden Bauteilen, dem Anspruch der Vergleichbarkeit und Allgemeingültigkeit, wird als Quelle auf eine öffentlich zugängliche Datenbank zurückgegriffen. Diese beinhaltet vollständige Datensätze bezüglich des Treibhausgaspotenzials einzelner Bauteile und Materialien. Auf die Erstellung eigener Ökobilanzierungen wird im Rahmen des Projekts an dieser Stelle verzichtet. Aufgrund der hohen Repräsentativität der gesuchten Bauteile wird die Datenbank ÖKOBAUTDAT des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) gewählt. Sie bilden die Grundlage des ermittelten Einsparpotenzials und werden als Teil der Hintergrunddatenbank des im Projekt entwickelten Materialertragsrechners und als Informationsgrundlagen für Handlungsempfehlungen verwendet.

Die folgenden Abschnitte umfassen die Beschreibung der Zielsetzung und des Vorgehens, eine Übersicht der, wenn notwendig, getroffenen Annahmen und der zu berücksichtigenden Unsicherheiten in der Methodik.

### **Aufbereitung der identifizierten Bauteile**

Die in Anhang 6 beschriebenen identifizierten Bauteile und zugeordneten Substitutionsmöglichkeiten werden zunächst in eine für das Projekt verwaltbare Form aufbereitet. Bei der Identifikation relevanter Bauteile handelt es sich um ein iteratives Vorgehen. Dies ermöglicht die Ergänzung um weitere Bauteile und Substitutionsmöglichkeiten auch über das Projektende hinaus.

Die Bauteile werden zunächst in eine eigene Datenbank übernommen und mit einem projektspezifischen Identifikationsschlüssel ergänzt. Der Identifikationsschlüssel ist eine Kombination der Kennzeichnung der DIN 276,

Kostengruppe der 3. Ebene und einer fortlaufenden Nummerierung (siehe Tab. 27). Der Schlüssel soll die weitere Kommunikation und Verknüpfung mit anderen Datensätzen und Informationen unterstützen sowie die weitere Verwendung erleichtern.

Tab. 27: Auszug Ökobilanzliste (Hagedorn et al. 2021b)

DIN+Nr.	DIN 276, 3. Ebene	Datensatz-typ (Original / Standard)	Kategorie	Bauprodukt	Substitut	Art der Substitution	...
334.1.a	334 Außentüren und -fenster	Original	Tür (Außen/Innen)	Haustür	Haustür (Aluminium)	Überwiegend	...

Anhand der vorgegebenen Substitutionsmöglichkeiten werden zwei Kategorien definiert:

- In der überwiegenden Substitution wird von der Annahme einer gleichwertigen Substitution des Bauteils ausgegangen, wie z. B. dem Einsatz einer Haustür als Substitut einer funktional gleichwertigen Haustür.
- Als zweite Form der Substitution wird von einer technisch möglichen Substitution ausgegangen. Hierbei handelt es sich um eine materialspezifische Substitution, wie z. B. dem Einsatz einer Holztür als Holzrohstoff.

Anhand der Substitutionsmöglichkeiten werden im Anschluss die entsprechenden Datensätze ermittelt.

Die Bauteilsammlung besitzt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zu ersetzende Bauteile, welche nicht in der Datenbank repräsentiert werden sowie Bauteile, die nicht in der Erhebung und Marktanalyse erfasst werden, können auch nicht weiter betrachtet werden. Hierdurch können Bauteile mit signifikanten Umweltwirkungen unerkannt bleiben.

Die Wahl der Substitutionsmöglichkeiten stellt womöglich nur einen Ausschnitt dar. Die Identifizierung sowie Zuordnung der Substitutionsmöglichkeiten durch Einschätzungen von Experten und der Erhebung basiert auf den Ergebnissen des Anhangs 6. Hierbei können auch bezüglich praktischer Umsetzbarkeit und ökonomischer Machbarkeit nicht realisierbare Möglichkeiten für Nutzungen und Substitution abgebildet oder relevante Substitutionsmöglichkeiten übersehen werden.

### Festlegung der Lebensphase

In der Ökobilanz werden die Veränderungen einer Entscheidung betrachtet, weshalb Lebensphasen, die sich nicht verändern, entfallen. Dies soll eine redundante, zeitintensive und der Entscheidungsfindung undienliche Datenerhebung vermeiden.

Im Rahmen des Projektes werden die betrachteten Bauteile wiederverwendet und ersetzen somit *potenziell* ein anderes Bauteil oder Material. Basierend auf dieser Überlegung wird für die Ermittlung des Einsparpotenzials von Treibhausgasen die Vermeidung der Neuproduktion der ersetzten Bauteile bzw. des ersetzen Materials betrachtet. Es wird von einer direkten Weiter- oder Wiederverwendung ausgegangen, weshalb eine Betrachtung möglicher Aufbereitungsschritte entfällt.

Als Orientierung des Projekts bezüglich der Lebensphasen dient die DIN EN 15804 ‚Nachhaltigkeit von Bauwerken‘, eine Konkretisierung der ISO 14025 ‚Umweltkennzeichnungen und -deklarationen‘. Die DIN EN 15804 bildet die Grundlage zur Erstellung von Umweltproduktdeklarationen (IBU 2016a). Der beschriebene Lebenszyklus wird in 5 Phasen von der Herstellung bis zur Entsorgung eingeteilt (siehe Abb. 71). Die Phasen werden in weitere

einzelne Module spezifiziert. Die im Projekt betrachtete Herstellungsphase teilt sich auf die Module Rohstoffaufbereitung (A1), Transport (A2) und Herstellung (A3) auf. Die Herstellungsphase kann aggregiert vorliegen. (Filgl und Kusche 2018)

Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase					Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau/Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/Erneuerung	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
					B6	Betriebl. Energieeinsatz								
					B7	Betriebl. Wassereinsatz								

Abb. 71: Lebenswegmodule gemäß EN 15804 (Filgl und Kusche 2018)

Es folgen die Errichtungsphase, Nutzungsphase, und die Entsorgungsphase. Separat erfasst werden im Modul D Potenziale zur Wiederverwendung, zur Rückgewinnung und zum Recycling.

Des Weiteren ist eine Unterscheidung zwischen biogenen und nicht biogenen Rohstoffen zu treffen. Biogene Rohstoffe, z. B. Holz, weisen die Besonderheit auf, in der Wachstumsphase Kohlenstoff aus der Atmosphäre in der Biomasse zu binden. Dieser Kohlenstoff wird am Ende des Lebenswegs (in der Entsorgungsphase) des Materials wieder freigesetzt. Eine Teilbetrachtung des Lebenszyklus kann im Falle biogener Rohstoffbereitstellung zu der Fehlinterpretation führen, dass aufgrund der Aufnahme des Kohlenstoffs möglichst viele weitere Bauteile aus biogenen Rohstoffen hergestellt werden sollten.

Nach DIN 16760 ‚Biobasierte Produkte – Ökobilanzen‘ wird eine getrennte Dokumentation der Treibhausgaspotenziale von biogenen und nicht-biogenen Produkten empfohlen. Gemäß der DIN-Norm werden in Abschnitt 6.2.1 ‚Behandlung von biogenem und nicht-biogenem Kohlenstoff bei der Bewertung der Klimaänderung‘ für die Modellierung der Biomasse für die verbundenen Emissionsquellen und -senken zwei mögliche Ansätze vorgestellt:

- Das im Verlauf der Wachstumsphase in der Biomasse gebundene CO<sub>2</sub> wird im Modell mit negativen Werten für die Wachstumsphase und positiven Werten für die Emission am Lebensende angesetzt oder
- das im Verlauf der Wachstumsphase in der Biomasse gebundene CO<sub>2</sub> wird im Modell mit einem Charakterisierungsfaktor von Null angesetzt. Entsprechend hat auch die Emission von biogenem CO<sub>2</sub> einen Charakterisierungsfaktor gleich Null. (DIN 16760)

Da im Rahmen des Projektes lediglich die Herstellungsphase inklusive Wachstumsphase betrachtet wird, empfiehlt es sich gemäß DIN 16760 den Charakterisierungsfaktor von Null für biogene Ressourcen festzulegen. Folglich werden bei der Ermittlung der Treibhausgasemissionen der Rohstoffbereitstellung inklusive Wachstumsphase (A1) für biogene Produkte mit dem Charakterisierungsfaktor Null angegeben und das Treibhausgaspotenzial des Transports (A2) und der Herstellung (A3) aggregiert.

Es wird angenommen, dass die Errichtungsphase (Modul A4-A5), die Nutzungs- und Entsorgungsphasen (Module B und C) der Primär- und Sekundärprodukte sich gleichen und somit in der Betrachtung entfallen. Unter der Vorgabe einer niedrigen Handlungsschwelle werden Bauteile mit Qualitäten ohne weiteren Handlungsbedarf der Aufbereitung (Modul D) untersucht. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Schritte der Auf-

---

bereitung oder gar eine Instandsetzung vor einem Wiedereinsatz notwendig sein können und hier nicht betrachtet werden. Dies kann zu einer Verfälschung des möglichen Einsparpotenzials der wiedereinsatzbaren Bauteile führen und könnte den Effekt mindern.

Da im Rahmen des Projekts kein konkreter Anwendungsfall untersucht wird, kann für den Transportaufwand (C2) zwischen Produktions-/Anfall- und Einbauort keine Aussage getroffen werden. Für die Erhebung der entsprechenden Umweltwirkungen wird eine Vielzahl spezifizierter Daten benötigt. Der Transport (C2) wird somit ebenfalls nicht betrachtet. Es kann jedoch die konservative Annahme getroffen werden, dass bei einer regionalen Bauteilwiederverwendung der Transportweg (C2) wahrscheinlich geringer anzusetzen wäre, als ein möglicher überregionaler Transport nach einer Neuherstellung von Bauprodukten. Dies wäre jedoch stark abhängig von Transportdistanz und Transportmittel.

Durch die Wahl des Charakterisierungsfaktors auf null für die Wachstumsphase können Potenziale verkannt bleiben. Die Einsparung von nicht biogenen Treibhausgasemissionen, wie z. B. beim Einsatz von Maschinen in der Abholzung werden ebenfalls mit einem Wert von Null angegeben und fallen somit aus der Betrachtung. Diese Einsparungen hätten jedoch positive Auswirkungen in den Ergebnissen.

Mögliche Unsicherheiten sollten in aufbauenden Forschungsprojekten anhand von Praxisbeispielen untersucht werden. Hierzu gehören z. B. die entsprechenden Einschätzungen bezüglich möglicher Qualitätsunterschiede der Bauteile und notwendiger Aufbereitungsschritte.

### **Wahl einer konsistenten Datenbank**

Für die Beschreibung vergleichbarer Ergebnisse ist eine einheitliche Erhebung von Daten notwendig. Ökobilanz-Datenbanken unterstützen Nutzer im operativen Bereich, wenn allgemeine, nicht fallspezifische Aussagen getroffen werden sollen. Auch finden diese Anwendung, wenn eine hohe Zahl an Datensätzen verarbeitet werden sollen und einzelne Ökobilanzen sich als nicht zielführend herausstellen. Im Projekt soll zudem auch ohne explizites Fachwissen die Weiterführung und Bearbeitung der erstellten Datenbank für den Materialertragsrechner möglich sein.

Für die Wahl der Datenbank werden zunächst Entscheidungskriterien festgelegt. Im Anschluss wird mittels einer Kurzanalyse einiger zur Verfügung stehender Quellen eine Auswahl getroffen. Die untersuchten Quellen umfassen das mögliche Treibhausgaspotenzial durch die Herstellung von Bauteilen und Materialien.

Als Quelle der Datensätze wurde die Online-Datenbank ÖKOBAUDAT ausgewählt, die vom BMI kostenfrei zur Verfügung gestellt wird (BBSR 2020a).

Für die Wahl der Datenbank wurden folgende Kriterien im Projekt festgelegt:

- Die Datenbank sollte nach der ISO 14040/14044 erhoben sein. Dies dient der Qualitätssicherung und der methodischen Konformität.
  - Daten gemäß der ISO sollen z. B. (ISO 14040):
    - „Vollständigkeit besitzen. Ein Datensatz muss alle notwendigen Attribute enthalten.
    - Aktualität besitzen. Die zeitliche Dimension muss realistisch sein.
    - Konsistent sein. Ein Datensatz darf in sich und zu anderen Datensätzen keine Widersprüche aufweisen.“ (ISO 14040):
- Die Datenbank sollte eine möglichst vollständige Repräsentativität der erhobenen Bauteile aufweisen. Durch die Wahl einer einheitlichen Datenbank soll die Variation der Qualität und des methodischen Vorgehens verringert werden.



- Die Datenbank sollte frei zugänglich sein. Dies soll die Transparenz und die Nachvollziehbarkeit der Datenquellen erhöhen. Es soll auch externen Personengruppen der Zugang zu Originaldaten ermöglicht werden.
- Die Datenbank sollte möglichst aktuell gehalten werden und einem regelmäßigen Update unterliegen. Neue Produktionswege können wesentliche Unterschiede in der Umweltwirkung der Herstellung aufweisen. Zudem sollen auch zukünftige Bauteile betrachtet werden können.
- Die Datenbank sollte bereits eine breite Anwendung finden. Die Wahl einer bereits genutzten Datenbank ermöglicht den Vergleich der Ergebnisse mit anderen Informationsquellen.
- Umweltrelevante Daten sollten in der Datenbank elektronisch erfasst werden und einer einheitlichen Prüfung unterstehen. Durch die zentrale Ablage und Verwaltung soll zudem die weitere Verarbeitung auch ohne explizites Fachwissen möglich sein.

Es stehen verschiedene Quellen zu Verfügung. Im Folgenden wird eine kurze Auswahl vorgestellt (siehe Tab. 28).

Tab. 28: Beschreibung Ökobilanzdatenbanken (eigene Darstellung)

Datenbank (Quelle)	Beschreibung
Ecoinvent (ecoinvent Association o. J.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine kostenpflichtige Datenbank mit etwa 18.000 Sachbilanzdaten und entsprechenden Wirkungsabschätzungsmethoden.</li> <li>• Als Non-Profit-Organisation legt die ecoinvent Association einen hohen Wert auf Transparenz. Dementsprechend werden die einzelnen Rechenschritte der Datensätze angegeben.</li> <li>• Sachbilanzdaten und Wirkungsabschätzungsmethoden unterstützen die aktuelle Normen.</li> <li>• Die Datensätze unterliegen einem unabhängigen Überprüfungsverfahren zur Sicherung der Datenqualität. Sie werden Weitergeführt bzw. Aktualisierung (gegenwärtig: ecoinvent 3.7.1).</li> </ul>
GaBi (Sphera 2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine kostenpflichtige Datenbank des Software- und Datenanbieters Sphera (ehemals thinkstep).</li> <li>• Die Primärdaten werden durch Kooperationen mit Unternehmen, Verbänden und öffentlichen Einrichtungen generiert und entsprechen der aktuellen Normen.</li> <li>• Die Datensätze beinhalten LCA-Pläne und Prozesse basierend auf Realdaten.</li> </ul>
ÖKOBAUDAT (BBSR 2020a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Datenbank wird vom BMI freizugänglich und kostenfrei zur Verfügung gestellt basierend auf den Datensätzen der GaBi-Datenbank.</li> <li>• Sie unterliegt der EN 15978 [(Sustainability of Construction Works - Assessment of Environmental Performance of Buildings - Calculation Method)] für eine einheitliche Ermittlung von Ökobilanzergebnissen.</li> <li>• Sie liegt in aggregierter Form vor und gibt pro funktioneller Einheit das Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential) an.</li> <li>• Beinhaltet spezifische sowie unspezifische Datensätze.</li> <li>• Zur Erfassung von umweltrelevanten Auswirkungen von generischen Datensätzen wird in der Herstellungsphase das Worst-Case-Szenario inklusive Sicherheitszuschlägen betrachtet.</li> </ul>
ProBas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente) (UBA 2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine freizugängliche und kostenlose prozessorientierte Datenbank des UBA und dem Internationalen Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS).</li> <li>• Die Datenbank beinhaltet etwa 8.000 Datensätze mit den Prozesskategorien Energie, Materialien &amp; Produkt, Transport, Entsorgung und sonstige Dienstleistungen.</li> <li>• Es handelt sich um eine Datensammlung verschiedener Projekte.</li> </ul>
natureplus databook (natureplus e.V. und baubook GmbH 2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Kooperation mit der baubook GmbH stellt der Internationale Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen - natureplus e.V. herstellereinspezifische Datensätze zu zertifizierten Bauprodukten online.</li> <li>• Derzeit gibt es keine Vollständigkeit in der Wirkungsabschätzung der Datensätze. Es gibt zudem keine Aussage über das Treibhausgaspotenzial.</li> </ul>
Baubook (baubook GmbH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine österreichische Plattform zur Sammlung von herstellereinspezifischen Datensätzen.</li> <li>• Nicht frei zugänglich.</li> </ul>

---

Die Datenbank ÖKOBAUDAT erfüllt die im Projekt gesetzten Kriterien weitestgehend. Sie basiert auf den nicht frei zugänglichen Datensätzen der GaBi-Datenbank.

„Die Datenbank kann zur EN 15978 [(Sustainability of Construction Works - Assessment of Environmental Performance of Buildings - Calculation Method)] konformen Ermittlung von Ökobilanzergebnissen [...] genutzt werden“ (PE INTERNATIONAL AG 2013). Die Datensätze erfüllen folgende Voraussetzungen (IBU 2016b):

- Die Daten wurden gemäß DIN EN 15804 erstellt / berechnet.
- Die Datensätze wurden einer Überprüfung durch eine unabhängige externe 3. Stelle unterzogen (Verifizierung gemäß DIN EN ISO 14025 bzw. externe Prüfung)
- Die Datensätze wurden (...) mit dem Validation-Tool überprüft.
- Die Datensätze wurden (...) einer Plausibilitätsprüfung (Vollständigkeit, Plausibilität) unterzogen. (BBSR 2020a)
- Sie werden auf Grundlage der ISO 14040/44 erstellt. (IBU 2020; PE INTERNATIONAL AG 2013)

Die Online-Datenbank des BMI umfasst folgende Datensatztypen (BBSR 2020a):

- Spezifische Datensätze (hersteller-/unternehmensspezifisch),
- Repräsentative Datensätze (für ein Land, eine Region),
- Durchschnittsdatsätze (z. B. aus Industrieverbänden, Firmen),
- und unspezifische Datensätze (für spezifische Produkte, auf Basis einer Muster-Umweltdeklaration erstellt).
- Die sogenannten generischen (allgemeingültigen) Datensätze der ÖKOBAUDAT basieren auf Hintergrunddaten der Ökobilanzdatenbank GaBi (BMI 2021c).

In der Bewertung der umweltrelevanten Auswirkungen von generischen Datensätzen wird die Herstellungsphase unter dem Worst-Case-Szenario betrachtet. Hierbei erfolgen Sicherheitszuschläge hinsichtlich der Vollständigkeit der Modellierung und der technologischen, zeitlichen und geografischen Repräsentativität. Abhängig von den Anforderungen an Vollständigkeit und Repräsentativität werden den Modulen A1 bis A3 Sicherheitszuschläge in Höhe von 10 %, 20 % oder 30 % zugeordnet. (BBSR 2020a)

Die Datenbank GaBi bezeichnet sich selbst als „umfangreichste intern konsistente Ökobilanz-Datenbanken auf dem Markt“ (Sphera 2020). Die Primärdaten werden durch Kooperationen mit Unternehmen, Verbänden und öffentlichen Einrichtungen generiert. Die GaBi-Datenbank enthält mehr als 15.000 LCA-Pläne und -Prozesse, welche größtenteils der Primärdatenerfassung zugrunde liegen. (Sphera 2020)

Stärken der GaBi-Datenbank sind nach Mersiowski und Schulz (2014):

- „Die Methodik für die Entwicklung und Pflege von Schlüsseltechnologiedatensätzen ist gründlich und kann im Hinblick auf die bewährten Verfahren der Ökobilanz als Stand der Technik angesehen werden. Die Einhaltung und konsequente Anwendung dieser Modellierungsrichtlinien können bestätigt werden.
- Die Gutachter betrachten die bestehenden Prozesse zur kontinuierlichen Verbesserung und Datenpflege als sehr verständlich und transparent. Es kann ferner bestätigt werden, dass sie in hohem Maße formalisiert sind und zahlreiche Qualitätskontrollen enthalten, die zu einer hohen Datenqualität sowie einer verringerten Fehlerquote und Softwarefehlfunktion beitragen.“ (Mersiowski und Schulz 2014)

Folgende kritische Aspekte wurden jedoch identifiziert und sollten verbessert werden:

- die Vollständigkeit der vorhandenen Dokumentation der Datensätze,
- die Bereitstellung und Detaillierung von Metainformationen,
- die Verfügbarkeit von Expertenbewertungen von Drittanbietern,
- die Bottom-up-Expertendatenprüfungen und der Top-Down-Überprüfungsansatz. (Mersiowski und Schulz 2014)

---

Die deutsche Prüfstelle DEKRA prüfte im Jahr 2019 kritisch die Entwicklung und Verwaltung von Schlüsseltechnologiedatensätzen für generische Datensätze. Entsprechende Überprüfungskriterien (siehe Anhang 8) wurden auf Grundlage bestehender Richtlinien entwickelt. Die kritische Prüfung der DEKRA zeigte demnach, dass Sphera den Modellierungsrichtlinien sorgfältig nachgehe, sodass die Methodik für Entwicklung und Pflege von Schlüsseltechnologiedatensätzen nach Stand der Technik für hohe Datenqualität Sorge. Im Rahmen des Projekts kann daher für die Bestimmung des Treibhausgaseinsparpotenzials, die GaBi ‚Life Cycle Impact‘ Datenbank der ÖKOBAUDAT, auch anhand Aussagen Dritter als repräsentativ und genügend betrachtet werden.

Die Verwendung einer bereits bestehenden Datenbank führt zu einer Abhängigkeit vorgegebener Infrastrukturen und Ergebnisse. Zudem sind in der ÖKOBAUDAT trotz standardisiertem Verfahren in der Aufnahme der Datensätze, nur ungenügende Hintergrundinformationen und Einsichten, zum Beispiel bezüglich der verwendeten Methodik, möglicher Annahmen und Allokationen, vorhanden. Die fehlende Einsicht der zugrundeliegenden Ökobilanzen führt somit zu einer fehlenden Transparenz in Art und Herkunft der Daten. Im Rahmen der Datensammlung wurde auf die zu dem Zeitpunkt vorhandene Version ‚ÖKOBAUDAT 2020-II‘ zugegriffen. Am 25.06.2021 wurde eine Überarbeitung einzelner Datensätze und der Datenbank veröffentlicht (BMI 2021b). Diese wurden derzeit noch nicht in der projektinternen Datensammlung übernommen. Regelmäßige Abgleiche und Updates der Datensätze anhand der ÖKOBAUDAT sollten daher implementiert und durchgeführt werden. Zur Sicherung der Nachvollziehbarkeit stellt das BMI ein Archiv mit sogenannten Vorgänger-Versionen bereit (BMI 2021a).

### **Wahl und Aufbereitung der Datensätze**

Datensätze der ÖKOBAUDAT liegen bezogen auf ein Bauteil oder eine Materialmenge vor und geben pro vorgegebener Einheit das jeweilige Treibhausgaspotenzial der Herstellungsphase an. Durch die Wahl der Datensätze wird eine möglichst exakte Widerspiegelung der Substitutionsmöglichkeiten der Bauteile angestrebt. Um jedoch auch die Repräsentation der in der Datenbank nicht aufgeführten Substitutionsmöglichkeiten sowie den Substitutionsmöglichkeiten auf Materialebene („technisch möglich“) zu ermöglichen, werden Datensätze mit möglichst „ähnlichen“ Herstellungsphasen oder Materialeigenschaften herangezogen. Für eine höhere Transparenz werden die Datensätze für das Projekt in bauteil- und materialspezifisch eingeordnet. Anhand der Zuordnung kann abgelesen werden, ob ein Bauteil 1:1 der Datenbank entnommen werden kann oder ob Annahmen für die Auswahl des Datensatzes vorliegen. Zu jedem Bauteil und dessen Substitutionsmöglichkeiten gibt es eine eigene Beschreibung in Form eines Datenblatts in Anhang 6. Das Datenblatt beinhaltet die jeweilige Zuordnung sowie Begründung der Zuordnung, die Beschreibung der Substitutionen, basierend auf den Expertenmeinungen und der Erhebungen beschrieben in Kapitel 4.5.1, mögliche Annahmen die bei etwaigen Anpassungen des Originaldatensatzes getroffen werden, wie zum Beispiel in den Umrechnungen von Einheiten auf die geforderten Größenordnungen, die Ermittlung und das Ergebnis des Treibhausgaspotenzials und die Quelle der Originaldatensätze. Die geforderten Maße und Einheiten werden der Bauteilliste aus Anhang 6 entnommen. Das Treibhausgaspotenzial der Herstellungsphase ist zugleich das mögliche Treibhausgaseinsparpotenzial durch die Wiederverwendung von Bauteilen und Baumaterialien.

Es werden insgesamt 88 Bauteile mit 112 Substitutionsmöglichkeiten betrachtet, 78 überwiegende und 34 technisch mögliche Substitutionen. Die Bauteile teilen sich in 24 mineralische, 27 metallische, 18 biogene und 26 Bauteile aus Kunststoffen auf. Es werden 36 bauteilspezifische und 42 materialspezifische Zuordnungen getroffen. Die materialspezifische Zuordnung unterteilt sich weiterhin in 15 konkrete Datensätze, d. h. das Material benötigt nur wenige oder keine Prozesse, um mit einer äquivalenten Funktion des ursprünglichen Bauteils eingesetzt werden zu können, und 27 assoziative Datensätze, d. h. das Material benötigt mehrere Prozesse um eingesetzt zu werden.

Im Folgenden werden die definierten Zuordnungen sowie der Aufbau der Datenblätter der jeweiligen Datensätze beschrieben. Im Anschluss wird ein kurzer statistischer Überblick der erstellten Datensätze sowie die wesentlichen Limitationen in der Wahl der Datensätze vorgestellt.

Die Zuordnung in ‚bauteilspezifisch‘ und ‚materialspezifisch‘ wird in Tab. 29 dargestellt.

Tab. 29: Definition und Zuordnung der Datensätze (eigene Darstellung)

Zuordnung / Bezeichnung	Bedeutung	Erläuterung/Annahme: Prozesse in der Herstellungsphase
a. bauteilspezifisch	Prozess-Datensatz in ÖKOBAUDAT exakt zum Bauteil vorhanden	wesentliche berücksichtigt
b. materialspezifisch:	Material als Alternative betrachtet / herangezogen	
- b.1. konkret;	- Informationen des Datensatzes zum Bauteil sind <i>konkret</i> ;	keine / kaum unberücksichtigt;
- b.2. assoziativ	- Informationen des Datensatzes nicht ausreichend, aber Materialeinsatz für Bauteil zutreffend daher Material zum Bauteil <i>assoziativ</i>	nicht alle berücksichtigt
c. nicht möglich	-	-

Die bauteilspezifische bzw. exakte Zuordnung ist möglich, insofern für ein Bauteil auf den passenden Datensatz der Online-Plattform ÖKOBAUDAT zugegriffen werden kann. Es wird angenommen, dass alle wesentlichen Prozesse bei der Produktion Berücksichtigung finden.

Falls kein passender Datensatz einem Bauteil bauteilspezifisch zugeordnet werden kann, werden Daten abhängig vom Material der Bauteile herangezogen. Hierbei unterscheiden sich zwei Einteilungsmöglichkeiten:

- ÖKOBAUDAT-Datensatzinformationen der Kategorie b.1. beschreiben das Bauteil ‚konkret‘ bzw. beinhalten dieses. Es wird die Annahme getroffen, dass keine oder wenige Prozesse nachgeschaltet werden müssen, um das entsprechende Bauprodukt herzustellen, d. h. es wird angenommen, dass der Datensatz des Materials dem Bauteil entspricht.  
Beispiel: Für eine Holztür wird der Datensatz ‚Nadelholz kammergetrocknet‘ als ‚materialspezifisch konkrete Zuordnung‘ ausgewählt. Die Zuordnung basiert auf der Expertenaussage, dass Vollholzprodukte überwiegend aus Nadelholz hergestellt werden, beispielhaft wird die Anwendung für Türen explizit in der Datensatzinformation genannt.
- Die Kategorie b.2. umfasst Datensätze, die für eine konkrete Datensatzzuordnung als unzureichend gelten. Um dennoch eine Einschätzung zu geben, wird der Datensatz eines Materials einem Bauteil ‚assoziativ‘ zugeordnet. Der Datensatz des Materials liegt dem Material des Bauteils am nächsten und wird diesem zugeordnet. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass durch weitere Prozesse das entsprechende Bauprodukt hergestellt werden kann.  
Beispiel: Der Datensatz ‚Aluminiumblech‘ wird dem Bauteil ‚Fensterbank aus Aluminium‘ ‚materialspezifisch assoziativ‘ zugeordnet. Weitere Herstellungsschritte sind notwendig, um das Bauprodukt, die Fensterbank, aus dem Material, hier dem Aluminiumblech, zu erhalten.

Wenn weder bauteil- noch materialspezifische Zuordnungen getroffen werden können, ist eine Datensatz-Zuordnung nicht möglich (Zuordnungskategorie c).

Die Datenblätter enthalten die wichtigsten Informationen zur Erstellung der Datensätze sowie die Grundlagen des Treibhausgaspotenzials. Basierend auf den Ergebnissen der Erhebungen werden die Zuordnungen und Anpassungen der Originaldatensätze durchgeführt. Neben der Skalierung der vorhandenen Referenzflüsse werden auch neue Referenzflüsse erstellt. Gleichen zum Beispiel die Einheiten der Referenzflüsse der ÖKOBAUDAT (Bsp.

1 m<sup>3</sup> Nadelholz) nicht mit den Vorgaben der vorgegebenen Bauteilliste für ein Bauteil (Bsp. 1 Holztür mit V = 0,06 m<sup>3</sup>) überein, so werden diese angepasst und als eigener Referenzfluss im Datensatz angegeben. Sofern keine näher definierten Maße und Werte der gesuchten Bauteileinheiten der vorgegebenen Bauteilliste entnommen werden können, werden mittels Literaturrecherche Standardwerte ermittelt, herstellerspezifische Angaben recherchiert oder auf Expertise im Projekt zurückgegriffen.

Im Folgenden soll ein Datenblatt zur Ermittlung des Treibhausgaspotenzials beispielhaft veranschaulicht und beschrieben werden. Sämtliche Datenblätter einzelner Bauteile mit den entsprechenden Substitutionsmöglichkeiten sind im Anhang 6 beigefügt.

Datenblatt ‚Bauteilnummer Bauteilname‘:

1. Datensatz-Zuordnung: a, b.1. oder b.2.

Datensatz: Datensatzbezeichnung in ÖKOBAUDAT [Quellenummer]

Begründung: Begründung der Datensatz-Zuordnung mit Bezug auf Datensatzinformationen der ÖKOBAUDAT

2. Substitution (siehe Tab. 30)

Tab. 30: Beschreibung der Bauteilsubstitution – ‚Bauteil X (Material Y)‘ mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution (eigene Darstellung)

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes ‚Bauteil X‘ aus ‚Material Y‘ der ‚Einheit Z‘ substituiert ein neues ‚Bauteil X‘ mit vergleichbarer Funktion.	- „Beschreibung der technischen Substitution“, oder - n.a. (ohne technische Substitution)
<b>Referenzfluss RF</b> [neu/bestimmt]	Bezeichnung bestimmter Referenzfluss	
<b>RF ÖKOBAUDAT</b> [des ursprünglichen Datensatz]	Bezeichnung ÖKOBAUDAT-Referenzfluss	
<b>Technische Daten (ÖKOBAUDAT)</b>	- Rohdichte $\rho$ / Flächendichte $\rho_A$ [ggf. notwendig bei Umrechnung von Einheiten]	

3. (getroffene) Annahmen

- Das zu substituierende Bauteil X ist aus Material Y hergestellt.
- Das Bauteil X aus Material Y, der Einheit Z substituiert überwiegend Bauteile X gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- ggf. getroffene Annahmen zur technischen Substitution
- a: Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Bauteil X aus Material Y bestimmt;
- b.1: Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Bauteilen X aus Material Y bestimmt. Hierbei nennt ÖKOBAUDAT den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil;

- b.2: Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Bauteilen X aus Material Y bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels Bauteilliste bzw. Mittelwertbildung der Einheit Z einzelner Bauteile; Der Durchschnittstyp hat die Einheit Z mit  $z = \dots$ <sup>6</sup>

#### 4. Bestimmung des Treibhausgaspotenzials

Im folgenden Abschnitt werden die Referenzflüsse der Datensätze aus der ÖKOBAUDAT gelistet und das Treibhausgaspotenzial, hier in GWP – Global Warming Potential, basierend auf der Begriffsverwendung der ÖKOBAUDAT, für die ‚überwiegende‘ und ‚technisch mögliche‘ Substitution, angegeben (siehe Tab. 31). Zusätzlich werden die durch die Erhebung angepassten Referenzflüsse dargestellt.

Tab. 31: Treibhausgaspotenzial (GWP) von ‚(bestimmten) überwiegender und technisch möglichen Referenzflüssen‘ (eigene Darstellung)

	<b>Bestimmung</b> der geforderten Referenzflüsse (entsprechend den Vorgaben der Bauteilliste) und verfügbarer Referenzflüsse (basierend auf ÖKOBAUDAT)	<b>ÖKOBAUDAT</b> [Quellennummer]
<b>Bauteil-Substitution</b>	Referenzfluss RF	Treibhausgaspotenzial (GWP) - RF je BE*
<b>Überwiegend:</b> - bestimmt	Bezeichnung bestimmter Referenzfluss	A kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖKOBAUDAT	Bezeichnung ÖKOBAUDAT-Referenzfluss	B kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. mögl.</b>	Bezeichnung bestimmter Referenzfluss	C kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

An dieser Stelle folgt ggf. eine Erläuterung zur rechnerischen Ermittlung des Treibhausgaspotenzials.

Ergebnis: Mit der überwiegenden Substitution des Bauteils X aus Material Y, der Einheit Z bzw. der stofflichen Verwertung des Bauteils X, der Einheit Z (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von A kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. C kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

#### Quelle:

[Quellennummer] Link, Aufrufdatum

#### Besonderheit von Fenstern:

Für die Berechnung von Fenstern wurde aufgrund einer fehlenden Repräsentation der Bauteile ein eigenes auf Excel basierendes Fenstertool erstellt. Datensätze einzelner Komponenten liegen zwar in der ÖKOBAUDAT vor, jedoch nicht als vollständiges Bauteil. Mittels des Tools sollen die Treibhausgaspotenziale wie z. B. 3-fach verglastes PVC-Fenster aufsummiert werden. Hierbei werden das Rahmenmaterial sowie die Anzahl der Verglasungen ausgewählt. Des Weiteren ist die Fensterrahmenlänge anzugeben, um die Glasfläche zu ermitteln. Hierzu

<sup>6</sup> Quelle zum gesuchten Wert einer Bauteileinheit (insofern die Bauteilliste keine Informationen zu entnehmen sind).

wird die Produktnorm für Fensterrahmenbreiten nach Energieeinsparverordnung herangezogen und als konstant angenommen (Oberacker 2010):

- Obere und seitliche Rahmenbreite  $b_{o/s} = 11,5 \text{ cm}$
- Untere Rahmenbreite  $b_u = 14,2 \text{ cm}$

Das Fenstertool berechnet anhand von Angaben bezüglich des Materials, der Länge des Rahmens sowie der Verglasung das Treibhausgaspotenzial der Herstellung eines Fensters. Das Tool kann ebenfalls für Fenstertüren und andere Verglasungen eingesetzt werden. Abb. 72 zeigt die errechneten Ergebnisse entsprechend den Vorgaben. Das Tool kann (Hagedorn et al. 2021a) entnommen werden.

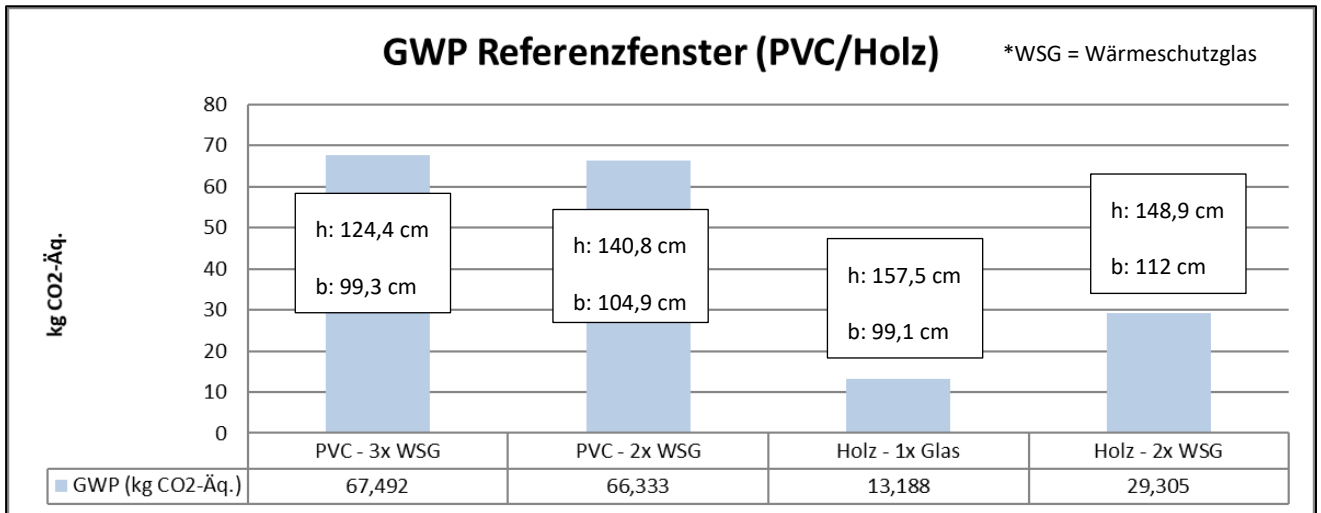


Abb. 72: Referenztypen und Treibhausgaseinsparpotenzial von PVC- und Holzfenstern mit den Abmessungen h x b (eigene Darstellung)

Die Treibhausgaspotenziale können den Datenblättern der Produkte in Anhang 6 entnommen werden.

Insgesamt werden 88 Datenblätter für entsprechend viele Bauteile mit 78 überwiegenden und 34 technisch möglichen Substitutionen bereitgestellt. Es werden für 24 mineralische, 27 metallische, 21 biogene und 6 Bauteile aus Kunststoff Datensätze abgebildet. Die weitergehende Unterteilung der Materialien zeigt Abb. 73.

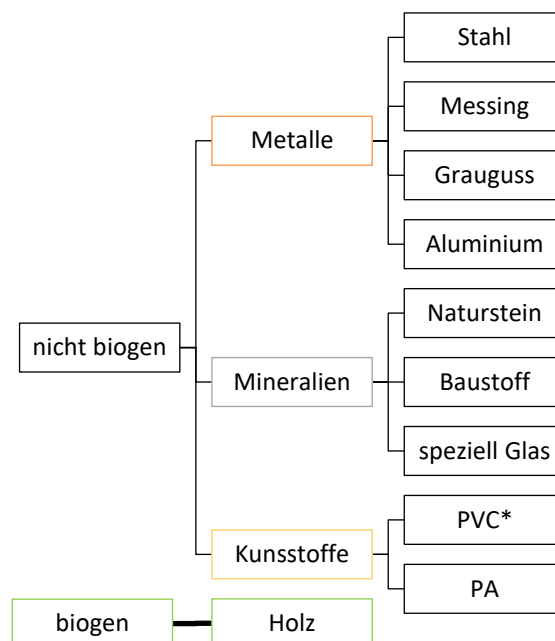


Abb. 73: Materialien der erhobenen Bauteile (eigene Darstellung)

Tab. 32 zeigt die Bauteile aufgeschlüsselt nach ihrer Zuordnung. Die meisten bauteilspezifischen Zuordnungen konnten für mineralische Bauteile getroffen werden. Nur biogenen Bauteile wurden Datensätze materialspezifische (konkrete) zugeordnet. Die Zuordnung materialspezifisch (assoziativ) repräsentiert die größten Unsicherheiten in der Zuordnung. Diese waren vor allem bei metallischen Bauteilen vorhanden. 36 Bauteile werden bauteilspezifisch zugeordnet, welche 41 Substitutionen repräsentieren. 15 Bauteile werden materialspezifisch konkret zugeordnet, welche 34 Substitutionen repräsentieren. 27 Bauteile werden materialspezifisch assoziativ zugeordnet und repräsentieren 27 Substitutionen.

Tab. 32: Aufschlüsselung Bauteile und deren Zuordnung (eigene Darstellung)

	Bauteilspezifisch	Materialspezifisch (konkret)	Materialspezifisch (assoziativ)
<b>Metallische Bauteile</b>	6		21
<b>Biogene Bauteile</b>	6	15	
<b>Kunststoffbauteile</b>	6		
<b>Mineralische Bauteile</b>	18		6
<b>Gesamt</b>	...	...	...

Es werden 39 Originaldatensätze für die Repräsentierung herangezogen. Die erstellten Datensätze basieren auf 18 mineralischen, 12 metallischen, 7 biogenen Referenzflüssen und 2 Referenzflüssen für Kunststoffe.

Abb. 74 zeigt die Häufigkeit der Anwendung der einzelnen Datensätze. Der Datensatz ‚Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE)‘ wird am häufigsten verwendet. Insgesamt für 15 Substitutionsmöglichkeiten.

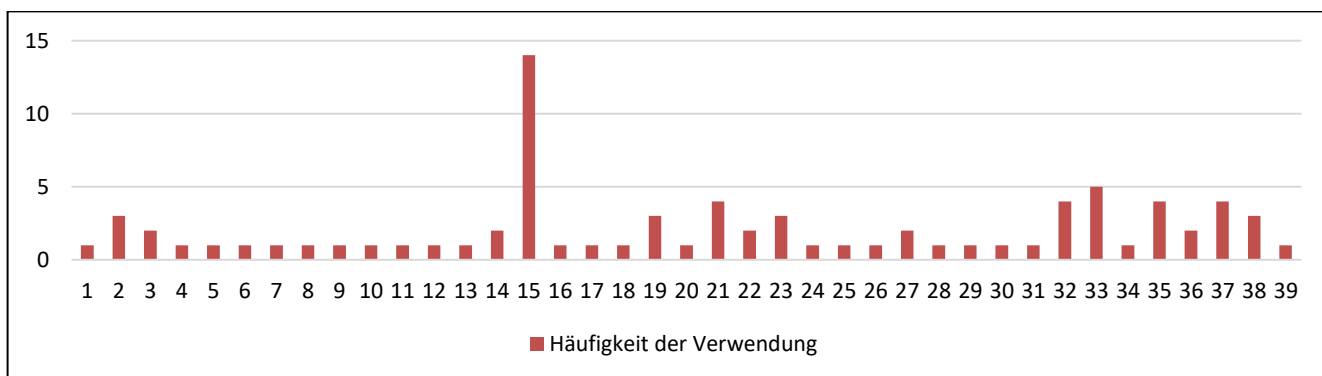


Abb. 74: Häufigkeit der Verwendungen eines Datensatzes (Beschreibung der Datensätze sind den Datenblättern in Anhang 6 zu entnehmen) (eigene Darstellung) Trotz einer umfangreichen Datenbank kann eine wesentliche Anzahl an Substitutionsmöglichkeiten nicht durch eine bauteilspezifische Zuordnung dargestellt werden. Materialspezifische Zuordnungen von Datensätzen obliegen der Annahme der nächstgelegenen Repräsentativität. Aufgrund fehlender repräsentativer Datensätze werden mehrere Substitutionsmöglichkeiten durch den gleichen Originaldatensatz dargestellt. Hierdurch kann es zu einer gleichen oder ähnlichen Zuordnung für die überwiegende sowie technisch mögliche Substitution eines Bauteils führen. Trotz unterschiedlicher Einsatzmöglichkeiten werden dadurch die gleichen Ergebnisse erhoben. Dies führt zu einer möglichen Verzerrung der Ergebnisse. Da es sich jedoch um einen iterativen Vorgang handelt, können im Nachgang neue Datensätze beigefügt und erstellte Datensätze angepasst werden. Jegliche



Annahmen, welche zur Erstellung und Anpassung der Datensätze und folglich zu Unsicherheiten in den Ergebnissen führen, sind den Datenblättern in Anhang 6 zu entnehmen. Typische Annahmen sind:

- Maße und Eigenschaften basierend auf eigenen Literaturrecherchen oder Herstellerspezifikationen haben Einfluss auf die Umrechnung von Einheiten und Dimensionierungen. Diese können zu einer abweichenden Darstellung der im realen Einsatz befindlichen Bauteile führen.
- Die technisch mögliche Substitution wird durch ein angenommenes stoffliches Äquivalent ausgedrückt, d. h. es wird eine Annahme des Hauptbestandteils des Bauteils getroffen.

Aufgrund der limitierten Transparenz in der Erstellung der einzelnen Datensätze innerhalb der ÖKOBAUDAT (fehlender Zugang zu Sachbilanzdaten und Wirkungsabschätzungsmethoden) können weitere Unsicherheiten und Abweichungen in den Ergebnissen entstehen, die aber an dieser Stelle nicht ersichtlich sind.

Es konnten zu manchen Bauteilen keine Datensätze gefunden oder zugeordnet werden zum Beispiel Lampen und Öfen (vgl. Zuordnungskategorie c). Dies kann zu einer Verzerrung der Auswertung im folgenden Kapitel hinsichtlich der Signifikanz von Bauteilen führen.

### Analyse der Ergebnisse der Treibhausgaseinsparpotenziale

Wesentliches Ziel des Teilpakets ist die Erhebung von Datensätzen, als Grundlagen des Materialertragsrechners beschrieben in Kapitel 4.6.2 und zur Unterstützung der in Kapitel 4.3 und 4.6 entwickelten Handlungsempfehlungen. Dennoch soll versucht werden, allgemeine Aussagen zum Treibhausgaseinsparpotenzial der wiederverwendbaren Bauteile zu treffen. In der folgenden Tabelle wird ein Beispiel zur rechnerischen Ermittlung der Treibhausgaspotenziale, welche zugleich die Treibhausgaseinsparpotenziale widerspiegeln, veranschaulicht (siehe Tab. 33).

Tab. 33: Treibhausgaspotenzial von Fensterbänken (Granit) (siehe Anhang 6) (eigene Darstellung)

	<b>Bestimmung</b> der geforderten Referenzflüsse (entsprechend den Vorgaben der Bauteilliste) und verfügbarer Referenzflüsse (basierend auf der ÖKOBAUDAT)	<b>ÖKOBAUDAT</b>
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	Treibhausgaspotenzial -RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Granit, d = 3 cm)	32,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsfensterbank (Granit, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 3,0 cm)	23,011 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. mögl.</b>	1 m <sup>2</sup> Granitplatte (d = 3 cm)	32,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Rechnerische Ermittlung: Der ÖKOBAUDAT-Datensatz gibt 32,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Natursteinplatte bei einer Dicke von d = 3 cm an. Dies entspricht 23,011 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 0,71 m<sup>2</sup> Fläche bei einer gleichen Dicke (Wieland Naturstein GmbH 2024) verglichen für den ermittelten Durchschnittstypen. Der Durchschnittstyp entstammt den Vorgaben von weiter oben oder eigenen Recherchen.

#### Auswertung:

Eine übergreifende Analyse ist aufgrund der unterschiedlichen Einheiten kaum möglich. Dennoch soll versucht werden, einige allgemeine Aussagen zu treffen. Das höchste angegebene Treibhausgaseinsparpotenzial besitzt in den Datenblättern das Garagenschwinger für die Substitution eines funktionsgleichen Bauteils (Garagenschwinger) (siehe Anhang 6).

Für die überwiegende Substitution, dargestellt durch Datensätze mit Referenztypen (RT) [Stk.], zeigt Abb. 75, dass metallische Bauteile die größten Treibhausgaseinsparpotenziale besitzen. Hierbei handelt es sich um ein Garagenschwintor aus Stahl mit Masse  $m = 200$  kg (Treibhausgaspotenzial: 535,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq.), eine Aluminiumhaustür mit Standardfläche von  $A = 2$  m<sup>2</sup> und Dicke  $d = 5,5$  cm (Treibhausgaspotenzial: 326,8 kg CO<sub>2</sub>-Äq.), eine (historische) Graugussbadewanne der Masse  $m = 145$  kg (Treibhausgaspotenzial: 237,8 kg CO<sub>2</sub>-Äq.) sowie ein Stahlgeländer der Masse  $m = 82,6$  kg (Treibhausgaspotenzial: 231,94 kg CO<sub>2</sub>-Äq.). Mineralische Bauteile besitzen deutlich geringere Treibhausgaseinsparpotenziale (Bsp.: Waschbecken aus Sanitärkeramik,  $m = 15,7$  kg, Treibhausgaspotenzial: 44,007 kg CO<sub>2</sub>-Äq.) und biogene Bauteile die Geringsten (Bsp.: Standardzimmertür,  $A = 2$  m<sup>2</sup>,  $d = 3,5$  cm, Treibhausgaspotenzial: 5,13 kg CO<sub>2</sub>-Äq.) (siehe Tab. 34).

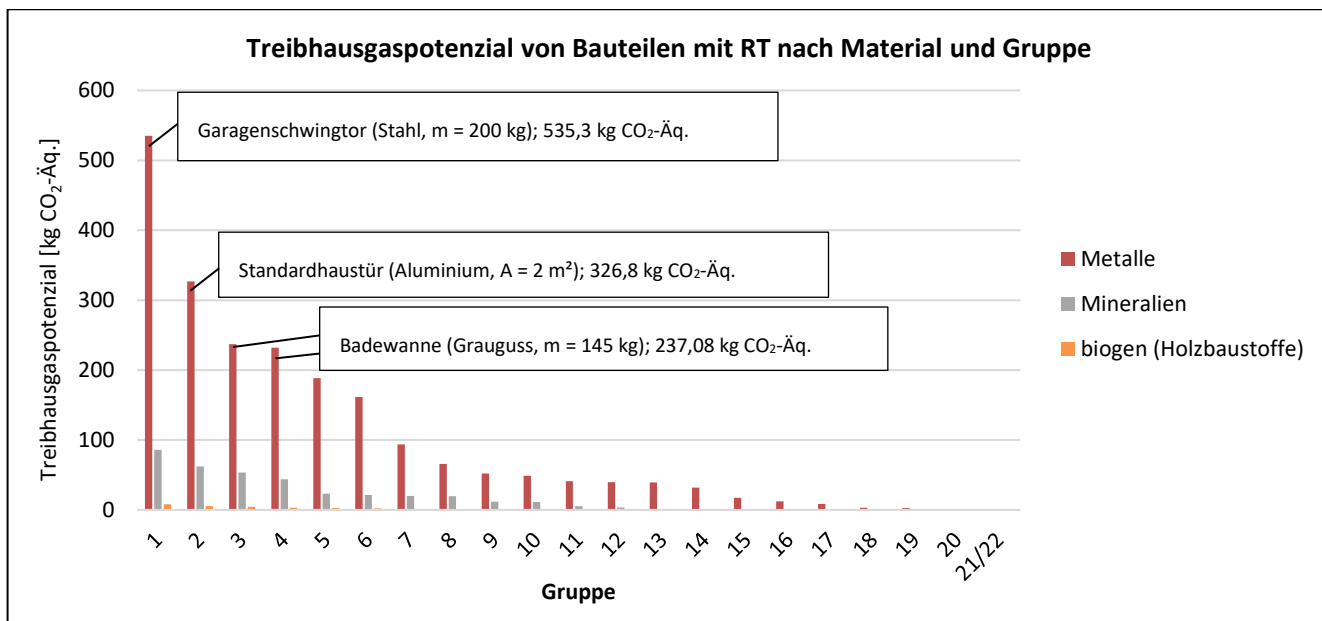


Abb. 75: Zusammenfassung aller Bauteile mit Referenztyp nach Material; Bezeichnung der einzelnen Bauteile (siehe Tab. 34) (eigene Darstellung)

Tab. 34: Treibhausgaspotenzial aller Bauteile mit Referenztyp (RT) nach Material (entnommen Anhang 6) (eigene Darstellung)

GWP von RT nach Material und Gruppe in kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente						
Gruppennr.	Metall		Mineralien		biogen (Holzbaustoffe)	
1	<b>1 Garagenschwinger (Stahl)</b>	<b>535,2</b>	1 Badewanne (Acryl)	85,986	1 Heizkörperverkleidung (Furniersperrh	7,93
2	<b>1 Standardhaustür (Aluminium)</b>	<b>326,8</b>	1 Waschbecken (Acryl)	61,961	1 Standardzimmertür (Spanplatte)	5,13
3	<b>1 Badewanne (Grauguss)</b>	<b>237,08</b>	1 Duschwanne (Acryl)	53,612	1 Standardzimmertür (Röhrenspanplatte)	4,31
4	1 Geländer (Stahl)	231,94	1 Waschbecken (Sanitärkeramik)	44,007	1 Standardhaustür (Holz)	2,97
5	1 Heizkörper (Stahl)	188,6	1 Fensterbank (Granit)	23,01	1 Standardzimmertür (Holz)	2,43
6	1 Heizkörper (Grauguss)	161,38	1 Sandsteinstufe	21,29	1 Zaun (Holz)	2,24
7	1 Badewanne (Stahl)	93,66	1 Fensterbank (Kunststein)	20,129	1 Gartentor (Holz)	0,97
8	1 Zaun (Stahl)	65,63	1 Fensterbank (Schiefer)	19,44	1 Geländer (Holz)	0,93
9	1 Duschwanne (Stahl)	52,182	1 Fensterbank (Marmor)	11,56	1 Fensterbank (Holz)	0,78
10	1 Heizkörperverkleidung (Stahl)	48,971	1 Fensterbank (Kalksandstein)	11,532	1 Holztreppestufe	0,51
11	1 Waschbecken (Grauguss)	40,875	1 Dachziegel	5,32	1 Handläufer (Holz)	0,46
12	1 Gartentor (Stahl)	39,776	1 Waschbecken (Terrazzo)	3,65	<b>1 Holzplatte</b>	<b>0,25</b>
13	1 Metalltreppe (Stahl)	39,263			<b>1 Stakete (Holz)</b>	<b>0,11</b>
14	1 Duschwanne (Grauguss)	31,883				
15	1 Stahl-Fensterbeschlag	17,27				
16	1 Alu-Fensterbeschlag (Drehkipfenster)	12,37				
17	1 Alu-Fensterbeschlag (Doppelflügel Fenster)	8,735				
18	1 Fensterbank (Aluminium)	3,243				
19	1 Türdrückergarnitur (Messing)	2,564				
20	1 Türbandbeschlag (Messing)	1,026				
21/22	<b>1 Fenstergriff (Messing)</b>	<b>0,319</b>				
21/22	<b>1 Funktionsfensterbeschläge (Messing)</b>	<b>0,319</b>				

Die unterschiedlichen Einsparpotenziale sind u. a. auf Größe und Masse der Bauteile zurückzuführen. Bspw. besitzen die betrachteten metallischen Bauteile mehr Masse als die mineralischen Bauteile, bezogen auf ihren Referenztyp (RT) [Stk.]. Bezieht man die Bauteile jedoch auf eine Referenzmenge, zeigt sich, dass auch andere Faktoren wie Herstellungsprozesse einen wesentlichen Einfluss haben müssten. So zeigen Bauteile, die durch Datenblätter mit Referenzmengen repräsentiert werden, ein höheres Einsparpotenzial bei Mineralien. Tab. 35 veranschaulicht, dass Fassadenklinker und Vormauerziegel mit jeweils einem Volumen von  $V = 1 \text{ m}^3$  (mineralische Baustoffe) mit 541,9 und 528,5 kg  $\text{CO}_2$ -Äq. das größte Einsparpotenzial von Bauteilen mit Referenzmengen besitzen. Es folgen  $1 \text{ m}^3$  Ziegelsteine bzw. Mauerziegeln mit 138,2  $\text{CO}_2$ -Äq. Ein Vergleich mit Metallen ist an dieser Stelle nicht möglich, jedoch mit biogenen Materialien. Mineralien können bis zu über 5-mal mehr Treibhausgase verursachen als mengenvergleichbare biogene Baustoffe (siehe Tab. 35).

Tab. 35: Treibhausgaspotenzial aller Bauteile mit Referenzmenge nach Material (entnommen Anhang 6) (eigene Darstellung)

Gruppennr.	GWP von RT nach Material und Gruppe in kg $\text{CO}_2$ -Äquivalente					
	Mineralien		biogen (Holzbaustoffe)		Metalle	
1	<b>1 m<sup>3</sup> Fassadenklinker</b>	<b>541,900</b>	1 m <sup>3</sup> Brettschichtholz	92,440	1 m Stahlträger	42,743
2	<b>1 m<sup>3</sup> Vormauerziegel</b>	<b>528,500</b>	1 m <sup>3</sup> Holzbalken (Konstruktionsvollholz)	55,109	1 m Stahlstütze	42,743
3	<b>1 m<sup>3</sup> Ziegelstein</b>	<b>138,300</b>	1 m <sup>3</sup> Konstruktionsvollholz	55,109	1 m Fensterrahmen (Alu)	12,54
4	<b>1 m<sup>3</sup> Mauerziegel</b>	<b>138,300</b>	1 m <sup>3</sup> Holzbalken (Vollholz)	42,410	1 m Fallrohr (Alu)	1,921
5	1 m <sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasung	40,360	1 m <sup>3</sup> Vollholz	42,410	<b>1 m Dachrinne (Alu)</b>	<b>0,961</b>
6	1 m <sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung	36,990	1 m <sup>3</sup> Dachkonstruktionsvollholz	42,410		
7	1 m <sup>2</sup> Betonpflastersteine	25,535	<b>1 m<sup>2</sup> Parkett</b>	<b>0,170</b>		
8	1 m <sup>2</sup> Pflasterstein (Sandstein)	22,316	<b>1 m Holz-Flügelrahmen</b>	<b>0,006</b>		
9	1 m <sup>2</sup> Gewände (Sandstein)	16,230				
10	1 m <sup>2</sup> Natursteinschieferindeckung	15,040				
11	1 m <sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung	13,330				
12	1 m <sup>2</sup> Bodenfliesen (keramische Fliese)	12,940				
13	1 m <sup>2</sup> Wandfliesen (keramische Fliese)	12,940				
14	1 m <sup>2</sup> Bodenfliesen (Steinzeugfliesen, glasiert)	6,180				
15	1 m <sup>2</sup> Wandfliesen (Steinzeugfliesen, glasiert)	6,180				
16	1 m <sup>2</sup> Kopfsteinpflaster	5,735				
17	1 m <sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen	4,380				

Für die technisch möglichen Substitutionen zeigt sich, dass Ziegelsteine bei der Errichtung von Trockenmauern stofflich verwertet werden können. Die Substitution von Vormauerziegel führt zum höchsten notierten Einsparpotenzial mit einer Einsparung 528,5 kg  $\text{CO}_2$ -Äq. pro  $1 \text{ m}^3$  für diese Einordnung (siehe Anhang 6). Eine konkretere Aussage kann aufgrund der unterschiedlichen Einheiten in der Regel nicht gegeben werden. Es kann jedoch für einzelne Bauteile, wie zum Beispiel Fensterbänke, ein Vergleich der Materialien vorgenommen werden, da Einheiten, Substitution und Datensatzzuordnung übereinstimmen (siehe Tab. 36).

Tab. 36: Vgl. Triebhauseinsparpotenzial von Fensterbänken für eine jeweilige technisch mögliche Substitution der Materialien (eigene Darstellung)

Mineral			
	1 Fensterbank (Granit)	23,011	<b>1 m<sup>2</sup> Granit</b> 32,41
	1 Fensterbank (Kunststein)	20,129	<b>1 m<sup>2</sup> Kunststein</b> 28,35
	1 Fensterbank (Schiefer)	19,435	<b>1 m<sup>2</sup> Schiefer</b> 27,345
	1 Fensterbank (Marmor)	11,56	<b>1 m<sup>2</sup> Marmor</b> 16,28
	1 Fensterbank (Kalksandstein)	11,532	<b>1 m<sup>2</sup> Kalksandstein</b> 16,23

Für die mineralischen Materialien der Fensterbank zeigt sich, dass die Einsparung von Granit das höchste Einsparpotenzial besitzt.

---

Es kann festgehalten werden, dass im Rahmen des Projekts die Substitution von metallischen und mineralischen Bauteilen aufgrund von Masse- und Dichte in der Datenbank das größte Treibhausgaseinsparpotenzial besitzen. Das Einsparpotenzial einzelner Bauteile hängt dabei stark von der Masse und Dichte des zu substituierenden Baustoffes ab.

### **Fazit und Ausblick**

Die Ergebnisse des TP 9 beschreiben basierend auf öffentlich zugänglichen Informationen und unter im Folgenden beschriebenen Rahmenbedingungen die möglichen Treibhausgaseinsparpotenziale von wiederverwendbaren Baumaterialien. Sie dienen als Grundlage für den Materialertragsrechner aus Kapitel 4.6.2 und unterstützen die in Kapitel 4.3 und 4.6 beschriebenen Handlungsempfehlungen. Hierzu wird eine Auswahl relevanter Datensätze einer erstellten Bauteilliste mit vorgegebenen Substitutionsmöglichkeiten, erarbeitet. Diese sind in einer Hintergrunddatenbank in Excel (Hagedorn et al. 2021b) zusammengefasst und in entsprechenden Datenblättern (siehe Anhang 6) aufbereitet.

Es werden insgesamt 88 Bauteile mit 112 Substitutionsmöglichkeiten betrachtet. Hierbei werden 24 mineralische, 27 metallische, 18 biogene und 26 Bauteile aus Kunststoffen betrachtet.

Im Folgenden wird ein kurzer Abriss der Motivation, der Methodik, wesentlichen Annahmen und Limitationen sowie der gewonnenen Erkenntnisse beschrieben. Im Anschluss soll eine Empfehlung für das weitere Vorgehen gegeben werden.

Für eine erste Aufarbeitung wurde das Treibhausgaseinsparpotenzial für die Herstellung der zu substituierenden Bauteile und Materialien ermittelt. Diese dienen den folgenden Zwecken:

- der Feststellung, ob die Implementierung des Geschäftsmodells und die damit verbundene Einsparung der primären Bauteilherstellung aus ökologischer Sicht Vorteile mit sich bringt und ob Nutzern so neben ökonomischen Aspekten auch andere angeboten werden können.
- eines Überblicks der aus ökologischer Sicht besonders signifikanten Bauteile. Diese Informationen können in ein Weiterbildungspaket für Bauherr:innen und Architekt:innen aufgenommen werden und für die Unterstützung von Entscheidungen bezüglich der Wahl wiederzuverwendender Bauteile und Wiederverwendungswege eingesetzt werden.

Unter der Annahme, dass Bauteile direkt wiedereingesetzt werden können und dies zu einer Einsparung von neu zu produzierten Bauteilen führt, wird nur die Herstellungsphase im Weiterem betrachtet. Die Teilbetrachtung des Lebenszyklus führt zu einer unterschiedlichen Betrachtung biogener und nicht-biogener Materialien. Aufgrund der Besonderheit der Aufnahme von CO<sub>2</sub> in der Wachstumsphase von biogenen Materialien und der Beschränkung auf die Herstellungsphase, wird gemäß DIN 16760 die Wachstumsphase mit einem Charakterisierungsfaktor von Null festgelegt. Folglich werden in den Datensätzen biogener Materialien nur die Treibhausgaspotenziale des Transports und der Herstellung aggregiert. Es werden ‚überwiegende‘ Substitutionen, d. h. Verwendungen mit gleicher bzw. ähnlicher Funktion des ursprünglichen Bauteils, und ‚technisch mögliche‘ Substitutionen, d. h. eine Verwendung basierend auf den Materialeigenschaften, betrachtet. Insgesamt werden 78 überwiegende und 34 technisch mögliche Substitutionen in den Datenblättern veranschaulicht. Basierend auf der frei zugänglichen Datenbank ÖKOBAUDAT des Bundesministeriums des Innern für Bau und Umwelt werden Datensätze entsprechend der Repräsentation der gesuchten Substitutionsmöglichkeiten entnommen. Da jedoch nicht für jedes Bauteil eine exakte Repräsentation in den Datensätzen der ÖKOBAUDAT gefunden werden kann, wird eine Zuordnung mit der Unterscheidung in bauteilspezifisch und materialspezifisch eingeführt. Anhand der Zuordnung zeigt sich, inwieweit ein Datensatz die gesuchte Substitution abbildet. Bauteilspezifische Datensätze repräsentieren das gesuchte Bauteil äquivalent. Materialspezifische Zuordnungen repräsentieren die Substitution über vergleichbare Materialien der Bauteile. Insofern es Abweichungen der geforderten

---

Daten in Einheit und Dimension von den Originaldatensätzen gibt, wurden diese angepasst. Es werden 36 bauteilspezifische und 42 materialspezifische Zuordnungen getroffen. Die materialspezifische Zuordnung unterteilt sich weiterhin in 15 konkrete Datensätze, d. h. das Material benötigt nur wenige oder keine Prozesse, um mit einer äquivalenten Funktion des ursprünglichen Bauteils eingesetzt werden zu können, und 27 assoziative Datensätze, d. h. das Material benötigt mehrere Prozesse um eingesetzt zu werden. Als Grundlage der Ermittlungen werden 39 Originaldatensätze herangezogen und ggf. angepasst. Den erstellten Datenblättern unterliegen somit 18 mineralische, 12 metallische, 7 biogene und 2 Referenzflüsse für Kunststoffe.

Die erstellte Datenbank besitzt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Durch die fehlende Betrachtung können Bauteile mit signifikanten Umweltwirkungen derzeit verkannt sein. Allerdings können weitere Bauteile und Substitutionsmöglichkeiten auch über das Projektende hinaus ergänzt werden. Die Wahl der Substitutionsmöglichkeiten stellt eine weitere Unsicherheit dar. Es handelt sich hierbei lediglich um einen möglichen Ausschnitt. Obwohl Datensätze der ÖKOBAUDAT in einem standardisierten Verfahren erstellt werden, gibt es nur ungenügende Einsichten zu den Hintergrundinformationen, wie zum Beispiel den verwendeten Systemgrenzen, möglicher getroffener Annahmen, der Sachbilanz, der Wirkungsabschätzungen und getroffenen Allokationen. Die fehlende Einsicht der zugrundeliegenden Ökobilanzen führt zu einer Intransparenz bezüglich der Herkunft der Daten und den Unsicherheiten. Aufgrund fehlender repräsentativer Datensätze werden teilweise mehrere Substitutionsmöglichkeiten mit den gleichen Datensätzen dargestellt. Unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten besitzen so die gleichen Treibhausgaseinsatzpotenziale. Dies kann zu einer möglichen Verzerrung der Ergebnisse führen und Substitutionen gleichsetzen, welche eigentlich unterschiedliche Umweltwirkungen hätten. Jegliche Annahmen, welche zur Erstellung und Anpassung der Datensätze und folglich zu Unsicherheiten in den Ergebnissen führen können, wurden in den Datenblättern in Anhang 6 hinterlegt. Da es sich um einen fiktiven Einsatz der wiederverwendbaren Bauteile handelt, werden keine Aussagen über die Qualität getroffen. Unter der Annahme einer niedrigen Handlungsschwelle wird von einer für den direkten Wiedereinsatz, ohne weitere Aufbereitungsschritte ausreichende Qualität ausgegangen. Dies kann zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen, da Qualität oder Einsatzbereich weitere Prozessschritte zur Aufbereitung notwendig machen könnten. Auch kann keine Aussage über den Transportaufwand zwischen Produktions-/Anfall- und Einbauort getroffen werden. Es kann jedoch die konservative Annahme getroffen werden, dass bei einer regionalen Bauteilwiederverwendung der Transportweg wahrscheinlich geringer anzusetzen wäre als ein möglicher überregionaler Transport nach einer Neuherstellung von Bauprodukten. Dies wäre jedoch stark abhängig von Transportdistanz und Transportmittel.

Durch die Wahl des Charakterisierungsfaktors auf Null für biogene Materialien werden wiederum Potenziale verkannt. Die Wahl führt zu einer konservativen Abschätzung des Einsparpotenzials in der Herstellungsphase, da nicht biogene Treibhausgasemissionen (z. B. durch Maschinen in der Abholzung verursacht), ebenfalls mit einem Wert von Null angegeben werden und somit aus der Betrachtung fallen.

Eine übergreifende Analyse der Datensätze ist aufgrund der hohen Variation unterschiedlicher Einheiten kaum möglich. Die vorliegenden Datensätze weisen allerdings für metallische und mineralische Bauteile das höchste Einsparpotenzial auf. Es ist jedoch zu beachten, dass das Treibhausgaseinsparpotenzial einzelner Bauteile stark von der Masse und der Dichte abhängt. Nach der vorliegenden Erhebung kann für jedes wiederverwendbare Bauprodukt im Rahmen des Projekts ein entsprechendes Einsparpotenzial für Treibhausgase ermittelt werden.

Die Ziele einer ersten Übersicht des Treibhausgaseinsparpotenzials und der Erstellung einer ersten Datensammlung anhand öffentlich zugänglicher Informationen sowie der Erstellung einer Datenbank für den Materialertragsrechner sind erfüllt. Für weitere Handlungsempfehlungen kann festgehalten werden, dass von den im Rahmen des Projekts untersuchten Bauteilen die Priorität in der Substitution von metallischen und mineralischen Bauteilen liegen könnte.

---

Um auch in Zukunft Relevanz zu besitzen, sollten die Datensätze einem regelmäßigen Abgleich und Update mit den Datensätzen der ÖKOBAUDAT unterlaufen. Aufgrund neuer Erkenntnisse zu Art und Eigenschaften der Bauteile sollte auch die Bauteilliste und hierauf referenzierend die Datenblätter angepasst werden. Im Rahmen der Datensammlung wurde auf die zu dem Zeitpunkt vorhandene Version ‚ÖKOBAUDAT 2020-II‘ zugegriffen. Am 25.06.2021 wurde eine Überarbeitung einzelner Datensätze und der Datenbank veröffentlicht (BMI 2021b). Diese sollten eingepflegt werden.

Für den Materialrechner könnte ein weiteres Tool für die Umweltwirkung des Transports entwickelt werden. Die zu erwartenden ökonomischen und ökologischen Kosten könnten dem Treibhausgaseinsparpotenzial entgegengesetzt werden. Hierdurch könnte ein sinnvoller Transportradius für den Einsatz abgeschätzt werden. Die Ergänzung mit weiteren Datensätzen, auch aus anderen Quellen stellt eine weitere Möglichkeit zur Validierung dar. Allerdings sollte darauf geachtet werden, dass Methodik, Annahmen und Limitationen der Ergebnisse aus einer Datenquelle mit denen der ÖKOBAUDAT kompatibel sein müssen, damit ein konsistenter Vergleich möglich ist.

#### **4.6 Weiterbildungstool für Bauherr:innen und Architekt:innen**

In Arbeitspaket TP 6 wurde ein Weiterbildungspaket für Bauherr:innen und Architekt:innen erstellt, bestehend aus einem umfangreichen Leitfaden bzw. Handbuch mit dem Titel ‚Baumaterialien wiederverwenden‘ und einem datenbankbasierten Kalkulator-Tool mit der Bezeichnung ‚Materialertragsrechner‘, welche der breiten Öffentlichkeit auf der Internetpräsenz des Projektes – [www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de) – zur Verfügung stehen und darüber hinaus im Rahmen der Beratung interessierter Bauherr:innen, Handwerker:innen und Architekt:innen (TP 13) eingesetzt werden konnten. Ziel des Weiterbildungspaketes ist die Information der Öffentlichkeit und der Fachleute in der Region über die Möglichkeiten und Effekte der Wiederverwendung von Baumaterialien. Das Weiterbildungspaket wurde bewusst niederschwellig konzipiert, damit sowohl Handbuch, als auch Materialertragsrechner eigenständig außerhalb der Beratungen durch interessierte Menschen ohne großes Vorwissen genutzt werden können.

#### **Ausgangslage**

Das Geflecht der Entscheidungsebenen und Verantwortlichkeiten in Bauprozessen ist relativ komplex, da Bauprozesse von unterschiedlichen Akteur:innen initiiert, gestaltet und verändert werden. Die folgende, nicht abgeschlossene Aufzählung zeigt die große Zahl unterschiedlicher maßgeblicher Akteur:innen, deren Entscheidungen allesamt gestalterisch wie technisch Bauwerke beeinflussen und formen.

- Zum einen sind mit den Bauherr:innenschaften, d. h. den Bauherr:innen, die Auftraggeber und Hauptentscheider bei einem Bauvorhaben vorhanden. Diese können dabei z. B. eine Privatperson, die ein eigengenutztes Gebäude errichten will, ein Projektentwickler oder aber auch die öffentliche Hand sein.
- Die von ihnen beauftragten Planverfasser:innen bzw. Architekt:innen als Sachwalter:innen der Bauherr:innenschaften sowie die Fachplaner:innen in technisch beratender Position.
- Länder und Kommunen als Gesetz- bzw. Normgeber und die Bauaufsichtsbehörden als überwachende Organe üben einen starken Einfluss auf die Planung und Ausführung von Bauvorhaben aus.
- Die Bauhandwerksbetriebe, die Bauindustrie und ihre Subunternehmen sind für die Realisierung und fachgerechte Umsetzung des Projekts verantwortlich. Die aufgrund von Kosten und Termintreue angebotene Leistung, die Ausführungsart sowie das technische und fachliche Können beeinflussen die Qualität eines Bauwerkes und seiner Einzelkomponenten, d. h. auch der verbauten Materialien, in entscheidender Weise.

- 
- Nicht zuletzt seien noch die Nutzer:innen von Gebäuden in der Form von Mieter:innen, Pächter:innen, Arbeitnehmer:innen, Besucher:innen oder Kund:innen erwähnt, deren Interessen bei der Planung und Ausführung eines Gebäudes von Belang sind.

Die herausragende Rolle kommt den Bauherr:innenschaften zu, die in rechtlicher wie wirtschaftlicher Hinsicht die verantwortlichen Auftraggeber sind. Sie sind die Initiatoren von Bauprojekten, als Nutzende/Vermietende von Immobilien die Entscheidenden über die Bauweise und Ausstattung von Bauwerken und letztlich als Eigentümer:innen der Immobilien die Finanziers eines Gebäudes.

Im Weiteren besteht durch die Auftraggeberrolle der Bauherr:innenschaft ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen Planverfasser:innen – d. h. den Architekt:innen und Ingenieur:innen – und den Bauherr:innen sowohl in fachlicher als auch wirtschaftlicher Sicht. Die maßgeblichen Grundsatzentscheidungen am Bau treffen Bauherr:innen in der Regel nach Beratung durch die Planverfasser:innen. Dies führt dazu, dass auch die planenden Berufe großen Einfluss auf das Ergebnis der Planungs- und Bauprozesse nehmen und den Projekterfolg entscheidend prägen können.

Dies beginnt mit der Entscheidung über die Bautypologie, führt über die Wahl der Konstruktionsweise bis zur Auswahl des Innenausbau und der Ausstattungsgegenstände. Eine weitere Entscheidungsgrundlage für Bauherr:innenschaften sind Vorbilder, sowohl in der Form von beispielhaften Bauten, sog. Best-Practice-Beispielen, als auch in Form des medial über Werbung, Zeitschriften, Film, Musik, Kunst oder den Handel transportierten Zeitgeschmacks.

Am Entscheidungsfindungsprozess sind neben den Bauherr:innenschaften, und den Planverfasser:innen das ausführende Handwerk und Unternehmen in verschiedenen Gewerken beteiligt, seien es Zimmerleute, Elektriker:innen, Fliesenleger:innen oder Sanitärinstallateur:innen mit ihrem spezifischen Fachwissen.

Darüber hinaus existieren als weitere direkt oder indirekt involvierte Akteure die öffentliche Hand, die Politik, Normenausschüsse mit Vertretern aus der Bauwirtschaft sowie die Ausbildungsstätten, d. h. die Berufsschulen, (Fach-)Hochschulen, Universitäten und die Fort- und Weiterbildungsakademien der Kammern. Unter Akteuren der öffentlichen Hand werden hier die Bauaufsichts- und Planungsbehörden subsummiert, die auf Basis von Gesetzen, Satzungen und Verordnungen Einfluss auf die Gestaltung von Bauwerken nehmen. Dieser Bereich ist eng verbunden mit dem Feld der Politik auf EU-, Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene, wo durch demokratische Entscheidungsprozesse eben diese Leitlinien, Gesetze und Verordnungen diskutiert und beschlossen werden, sei es die Festlegung höherer Dämmstandards für den baulichen Wärmeschutz, das Verbot von schädlichen Baumaterialien oder die kommunale Bauleitplanung mit ihren Satzungen und planungsrechtlichen Festsetzungen, die tief in die allgemeine Baufreiheit eingreifen.

Wie die vorgenannten staatlichen und kommunalen Regelungen beeinflussen auch die von den verschiedenen Normenausschüssen, z. B. beim Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN), verfassten Regelwerke, die Erstellung, Gestaltung und Nutzung von Gebäuden stark. Vor allem kommen hier die allgemein geforderten hohen Standards an Bauprodukte, an die Ausführungsqualität beim Einbau und an die Haltbarkeit von Bauprodukten zum Tragen, die durch den sog. Stand der Technik beschrieben werden und in erster Linie auf die Leistung bzw. den Gebrauch von Produkten bezogen sind. Das DIN selbst sieht sich hier als Ergänzung zur staatlichen Regelsetzung, im Sinne der Entbürokratisierung, indem konsensbasierte Normen die anhand der staatlich vorgegebenen Schutzziele definierten Sorgfaltspflichten weiter konkretisieren. Betont wird hierbei zum einen die technische Expertise, der die Normen zu Grunde liegen, zum anderen, dass insbesondere die Wirtschaft dies am besten leisten könne (DIN 2023). Hieraus ergibt sich ein Spannungsfeld aus staatlichen Gesetzen und Verordnungen und quasi-gesetzlichen Regelungen, deren Einhaltung der Staat und seine Behörden in vielen Fällen einfordern. Da viele Normen ihren Ursprung im Konsens in den Expertenausschüssen des DIN-Vereins haben und dieser sich als wirtschaftsnahe Vereinigung von Unternehmen aller Größen und



---

Branchen versteht, haben es alternative Ansätze in neuen, innovativen Geschäftsfeldern schwer, in Normierungsprozessen berücksichtigt zu werden oder gegen immer weiter verfeinerte hohe technische Standards zu bestehen.

Wie schwierig sich der Umbau der Bauwirtschaft in Richtung einer nachhaltigeren, zirkulären Wirtschaftsweise gestaltet, zeigt sich selbst bei den Produkten, für die bereits neue Normen geschaffen wurden, wie bspw. Beton mit Rezyklatanteil, dem sog. R-Beton bzw. RC-Beton. Ein Blick in das benachbarte Ausland zeigt, dass dort häufig die Akzeptanz von Baumaterialien aus der Wiederverwendung oder Verwertung deutlich höher ausfällt als in Deutschland. Während in der Schweiz im Gegensatz zu Deutschland weit höhere Anteile an rezyklierten Gesteinskörnungen im Hoch- und Tiefbau möglich sind und Recyclingbeton schon seit Jahren im Spannbetonbau zugelassen ist (Stürmer und Kulle 2017, S. 24), ist in Deutschland RC-Beton bis heute noch nicht einmal flächendeckend verfügbar. Während bereits im Jahre 2015 schweizweit 67 Recyclingbetonwerke produzierten, waren zum selben Zeitpunkt im flächen- wie einwohnermäßig größeren Baden-Württemberg lediglich sieben Werke in der Lage, RC-Beton zu liefern, wobei nur vier Werke RC-Beton im Standardlieferprogramm hatten (ifeu 2016). Es kann gegenwärtig (Stand 2022/23) nicht festgestellt werden, dass Recyclingbeton über einzelne Pilotprojekte hinaus in Deutschland in nennenswerter Weise Marktanteile zu Lasten des Standardbetons gewonnen hat (Klotz 2022).

Hinzu kommt, dass die Ausschreibungspraxis der öffentlichen Verwaltung die Verwendung von Wiederverwendungs- und Recyclingprodukten massiv erschwert und bisweilen bewusst verhindert. Sowohl in der Literatur als auch bei den geführten Expertengesprächen wurde davon berichtet, dass z. B. die Verwendung von RC-Beton in zahlreichen Ausschreibungstexten für öffentliche Bauvorhaben explizit ausgeschlossen wird, obwohl Bund und Länder in ihrer Abfallgesetzgebung auf eine Kreislaufwirtschaft hinwirken.

Als Grund für die Diskriminierung von bspw. RC-Baustoffen nennt das Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) Heidelberg Vollzugsdefizite in der Verwaltung und eine effizienzgetriebene Planungskultur der Risikovermeidung und Unangreifbarkeit. Ungeachtet von Nachhaltigkeitsaspekten erhalte meist das Unternehmen den Zuschlag, welches am günstigsten anbiete (Fromm 2020). Im Experteninterview wird aber betont, dass RC-Beton in allmählich wachsendem Maße zum Einsatz kommt, sofern keine besonderen Anforderungen an die Materialstärke und -qualität von Seiten der Tragwerksplanung erforderlich sind, da es in Deutschland Einschränkungen in der Zulassung von RC-Beton gibt. Die Einschätzung, dass sich RC-Beton in Standardanwendungen mittelfristig durchsetzen wird, wird geäußert. (vgl. Experteninterview 22, S. 2)<sup>7</sup>

Dies steht in unmittelbarem Widerspruch zu den gesetzgeberischen Anforderungen: § 2 Abs. 1 Abfallgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (AbfG LSA) verpflichtet bspw. die öffentlichen Stellen des Landes Sachsen-Anhalt „bei der Erfüllung ihrer Aufgaben, vor allem im Beschaffungs- und Auftragswesen und bei Bauvorhaben, im Rahmen des wirtschaftlich Zumutbaren Erzeugnisse zu bevorzugen, die 1. aus Abfällen hergestellt sind, [...], 4. sich durch Langlebigkeit, Reparaturfreundlichkeit und Wiederverwendbarkeit auszeichnen, [...], 6. sich in besonderem Maße zur Verwertung oder gemeinwohlverträglichen Abfallbeseitigung eignen, sofern keine anderen Rechtsvorschriften entgegenstehen.“ (§ 2 Abs. 1 AbfG LSA)

Das Bayerische Abfallwirtschaftsgesetz geht sogar noch einen Schritt weiter: Art. 1 Abs. 1 Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz (BayAbfG) nennt unter Nr. 2 die Vorbereitung zur Wiederverwendung sowie unter Nr. 3 die Zurückführung von Bauschutt als Ziel der Abfallbewirtschaftung im Freistaat. Ferner verpflichtet Art 2 Abs. 1 BayAbfG die öffentliche Hand „vorbildhaft dazu beizutragen, daß die Ziele des Art. 1 Abs. 1 erreicht werden“ (Art 2 Abs. 1 BayAbfG). Im Weiteren heißt es: „Dazu sind finanzielle Mehrbelastungen und Minderungen der

---

<sup>7</sup> Eine Übersicht über die geführten Experteninterviews findet sich in Anhang 9. Auf Anfrage können die anonymisierten Transkripte der Interviews in digitaler Form zur Verfügung gestellt werden. Wenden Sie sich dazu bitte schriftlich an die WieBauin-Projektleitung.

---

Gebrauchstauglichkeit in angemessenem Umfang hinzunehmen“ (Art 2 Abs. 1 BayAbfG). Daraus geht deutlich hervor, dass Aspekte des Umwelt- und Ressourcenschutzes stärker zu gewichten sind als die reinen Kosten, sofern diese nicht unangemessen hoch sind. Dass in der Praxis häufig anders verfahren wird, zeigt, dass in der öffentlichen Verwaltung erhebliche Defizite in Bezug auf die Gesetzeslage, den Vollzug derselben und/ oder ein fehlendes Bewusstsein für Umweltthemen sowie eine Unterschätzung der eigenen Vorbildfunktion vorhanden ist.

Die Berufsschulen, (Fach-)Hochschulen und Universitäten als Ausbildungsstätten vermitteln fachliches Wissen an den Nachwuchs im Handwerk und in den Ingenieurberufen. Durch die Vernetzung von Forschung und Lehre sowie von Praxis und Theorie trägt das an den Ausbildungsstätten erworbene Wissen entscheidend zur Bildung einer eigenen Haltung und Denkweise in Bezug auf ihr Ausbildungsfach bei, so z. B. bei der Verwendung von Materialien oder bei der Anwendung von (Handwerks-)Techniken. Am Anfang der beruflichen Ausbildung ist sicherlich die Einbeziehung zukunftsweisender Themen leichter und ganzheitlicher zu adressieren als im Rahmen berufsbegleitender Weiterbildungsangebote.

Das bei den Fachleuten vorhandene Wissen basiert zu großen Teilen auf den in der beruflichen Ausbildung vermittelten Inhalten und auf praktischer Erfahrung im Berufsleben. Bis zum heutigen Tage orientieren sich die Ausbildungsinhalte im Bauwesen aus verschiedenen Gründen an den jeweils aktuell gültigen Gesetzen und Verordnungen sowie am Stand der Technik, d. h. im Besonderen an den durch die Normungsinstitute wie dem DIN erarbeiteten europäischen und nationalen Normen.

Landläufig werden standardisierte technische Lösungen mit dem Ausdruck ‚lehrbuchmäßig‘ bzw. ‚nach Stand der Technik‘ charakterisiert. Ziele der Normierung in der Bauwirtschaft sind u. a. die Sicherstellung von technischen Standards, die auf eine lange Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit von Bauprodukten im Sinne der Qualitätssicherung ausgelegt sind, die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Effizienzsteigerung infolge standardisierter Maße und Verarbeitungsweisen sowie möglichst hoher Kompatibilität von Produkten untereinander. Die Normierung dient aber auch der Erhöhung der Sicherheit durch die Vermeidung von Gefahren für Leib und Leben und für das Bauwerk selbst unter Einbeziehung von Folgeschäden finanzieller und anderer Art. Die in erster Linie an Wirtschaftlichkeitskriterien und Qualitätssicherung orientierte Normung ist aufgrund der etablierten linearen Wirtschaftsweise in der Lage, die Standards im Bauwesen kontinuierlich weiter anzuheben, was dazu führt, dass verbaute Bauprodukte allein aufgrund ihrer Herstellungszeit die aktuell geltenden Anforderungen häufig unterlaufen.

Andererseits ist zu beobachten, dass Produkte bzw. Stoffe allein deshalb nach verschiedenen Standards - d. h. in der Regel strenger – behandelt werden, weil sie zwischenzeitlich als Abfall klassifiziert worden sind. Unterliegen sie dem Abfallrecht hat das zur Folge, dass sie für eine weitere Verwendung über ein stoffliches Verwertungsverfahren den Bereich des Abfallrechts verlassen müssen. Als stoffliche Verwertungsverfahren definiert § 3 Nr. 23a KrWG „insbesondere die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die Verfüllung“ (§ 3 Nr. 23a KrWG).

Eine erneute Verwendung wird u. U. erschwert, da alle abfallrechtlichen Regelungen, d. h. die abfallrechtlich festgelegten Materialeigenschaften gütegesichert, zu beachten sind, wie z. B. die Schadstofffreiheit. Da diese abfallrechtlichen Anforderungen häufig höher ausfallen als die Kriterien für die Zulassung von Produkten aus neuen Rohstoffen, werden Gebrauchtprodukte bzw. daraus gewonnene Erzeugnisse benachteiligt. Haben die Materialien und Stoffe das Verwertungsverfahren erfolgreich durchlaufen und sind nicht mehr als Abfall einzustufen, muss für das Inverkehrbringen zusätzlich eine – ggf. erneute – Zulassung nach dem Produktrecht erfolgen, wobei alle Anforderungen erfüllt werden müssen, die auch Neuprodukte zu erfüllen haben (Halstenberg und Franßen 2022, S. 6f.). Sofern Baumaterialien wiederverwendet werden sollen, ergibt sich allein durch die zwischenzeitliche rechtliche Einstufung als Abfall ein Unterschied in der Zulässigkeit ihrer erneuten Verwendung

---

gegenüber Gebrauchtmaterialien, welche nicht als Abfall klassifiziert waren, vor allem wenn die Zulassungskriterien bzw. Standards für Produkte oder Gebäude verändert worden sind.

Zwar werden durch Experten des staatlichen Prüfwesens die hohen deutschen Standards an sich nicht in Frage gestellt, jedoch gibt es auch Stimmen, die eine geordnete und nachvollziehbare Weiterentwicklung der Normen und Standards für vorstellbar halten, um ältere und/ oder gebrauchte Materialien in das Normensystem mit einzubeziehen (vgl. Experteninterview 21, S. 22ff.).

Auch die Finanzierungswege in der Bauwirtschaft beziehen sich auf die vorgegebenen Standards, weshalb ihr Nachweis in den meisten Fällen für eine Förderung notwendig ist und abweichende Lösungen bei gleicher Zielsetzung (z. B. die Einhaltung energetischer Standards wie EH 40, EH 55, GEG u. a.) kaum durchgesetzt werden können (Führ et al. 2018). Eine Kreislaufwirtschaft unter Anwendung des Wiederverwendungsprinzips ist dadurch erheblich erschwert.

Auch in der Architekturausbildung an den Hochschulen und Universitäten werden Themen wie Ressourcenschonung und rezykliergerichtetes Bauen erst in Ansätzen in den Pflichtfächern wie Baustoffkunde oder Baukonstruktion in den Hochbauentwürfen behandelt, obwohl das Interesse der Studierendenschaft für Nachhaltigkeitsthemen infolge der medialen Berichterstattung über Klimawandel und Klimaanpassung deutlich angestiegen ist (Rudolph-Cleff und Labidi 2023). Während die in den Pflichtfächern gelehrteten Inhalte in Vorbereitung auf die Berufsausübung den aktuellen Stand der Bautechnik widerspiegeln, werden in den hochbaulichen Entwurfswissenschaften Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen im Vergleich zu Gestaltungsfragen nach wie vor nicht genügend berücksichtigt. Dies gilt durchaus auch für die Ausbildung im Bauingenieurwesen, auch wenn hier vielfältige Forschungen zur Entwicklung von Bauprodukten durchgeführt werden, die Recyclingmaterialien verwenden.

Ein gewichtiges Problem besteht darin, dass die Normung nur unzureichend auf Entwicklungstendenzen, auf systemische Veränderungen und auf die Antizipation zukünftig drohender (Krisen-) Ereignisse ausgerichtet ist, wie bspw. die Ressourcenknappheit, den Klimawandel oder Wirtschaftskrisen. Das hat zur Folge, dass die Inhalte in der Ausbildung zukünftige Herausforderungen nur in äußerst geringem Maße berücksichtigen. Im Hinblick auf die das Weltklima schädigende und ressourcenintensive Bauwirtschaft hat dies zur Folge, dass nicht standardisierte oder alternative Ansätze kaum Eingang in die Baupraxis finden. Es ist vielmehr festzustellen, dass Normung, Gesetze und die Rechtsprechung dazu führen, dass vom Standard abweichende bautechnische Lösungen allgemein eine große Ablehnung erfahren, meist aus Gründen der Risikominimierung für Planende und Ausführende. Die allgemeine Zurückhaltung ist auf die unklare Rechtslage – v. a. in Bezug auf Fragen der Gewährleistung und Produkthaftung für Planende und Ausführende zurückzuführen. Nahezu alle im Rahmen dieses Forschungsprojektes befragten Personen waren sich einig darüber, dass hier der Gesetzgeber tätig werden muss, um die Wiederverwendung zu erleichtern. Nur wenige Planer:innen beschäftigen sich mit nichtnormierten Anwendungen im Bauwesen wie der Wiederverwendung von Baumaterialien, ungeachtet der Herausforderungen beim Klima- und Ressourcenschutz. Die vom Karlsruher Institut für Technologie und dem Heidelberger ifeu durchgeführte Studie ‚StAR-Bau‘ identifiziert auf Grundlage einer Szenarienanalyse die „Anpassung von Lehrinhalten (z. B. Ingenieure, Architekten) und Weiterbildungen zur Förderung des Umweltbewusstseins“ (Volk et al. 2019, S. 257) als eine der drei vielversprechendsten Maßnahmen für die Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen (Volk et al. 2019, S. 257). Eine Studie der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen aus dem Jahre 2020 zeigt bspw., dass der Anteil von Architekt:innen und Bauingenieur:innen, die Erfahrungen mit dem Baustoff Recyclingbeton vorweisen können, sich zwischen der Schweiz und Deutschland signifikant unterscheidet: Während schweizweit zwischen 80 und 100 % der Angehörigen dieser Berufsgruppen mit RC-Beton geplant und gebaut hatten, lag der Anteil in Deutschland bei 10 bis 30 % (Katerusha 2020).

---

Hervorzuheben ist in der Schweiz die Rolle der öffentlichen Hand bei der Förderung der Verwendung von RC-Beton, sodass der Umgang mit dem Material bereits über die Vergabe öffentlicher Aufträge ‚eingeeübt‘ wird. Das Hochbaudepartement der Stadt Zürich bspw. verlangt in den Vorgaben für das umweltgerechte Bauen als Bedingung für die Vergabe von Werkleistungen die weitestgehende Verwendung von RC-Beton für die städtischen Bauvorhaben (Stadt Zürich Hochbaudepartement 2017b). In den Bedingungen für Werkleistungen der Stadt Zürich unter ‚4. Auflagen für Baumaterialien‘ steht:

„Erfahrungen zeigen, dass die folgenden Anforderungen an Baumaterialien besonders wichtig sind zur Erfüllung eines Minimalstandards in Bezug auf das nachhaltige Bauen:

4.1 Beton: Grundsätzlich soll für alle technisch möglichen Anwendungen Recycling-Beton eingesetzt werden, falls dieser im Umkreis von 25 km verfügbar ist“ (Stadt Zürich Hochbaudepartement 2017a, S. 2)

Die Vorgabe ihrerseits basiert auf der Empfehlung der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) beim Bundesamt für Bauten und Logistik der Schweizerischen Eidgenossenschaft (Stadt Zürich Hochbaudepartement 2017a).

Die Masse an Regelwerken, Gesetzen und Verordnungen sowie der finanzielle Druck sorgen dafür, dass das Umweltbewusstsein in den Bau- und Planungsberufen speziell in Bezug auf die Abfall-, Ressourcen- und Klimaproblematik nur gering ausgeprägt ist. Zwar wird diese Thematik in Fachzeitschriften seit den 2000er Jahren seit dem Titel ‚Architects Pollute‘ (Hawthorne 2003) zunehmend thematisiert, so z. B. in der Zeitschrift ‚Die Architekt‘ des Bundes Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA) mit den Ausgaben ‚Material der Stadt‘ (Die Architekt 2020), ‚Projekt Erde – Vom Wissen zur Alltagspraxis‘ (Die Architekt 2022) und ‚Müll – Architektur und Stadt vom Ende her gedacht‘ (Die Architekt 2023) oder auch bspw. in der Fachzeitschrift ‚Detail‘ im Jahre 2022 mit der Ausgabe ‚Kreislaufwirtschaft‘ (Detail 2022). Auch digitale Medien wie Podcasts oder Blogs wie der Clariant-Firmenblog ‚The Moleculist‘ widmen sich dem Thema Nachhaltigkeit im Bauwesen. Nichtsdestotrotz ist die Rezeption in der Breite der Architektenschaft bislang noch gering, was im Rahmen der geführten Experteninterviews (vgl. Experteninterviews 01, S. 22) bestätigt werden konnte.

Erste Schritte in Richtung einer Sensibilisierung der Architektenschaft versuchen die Veröffentlichungen, Vortragsreihen und Podcast-Reihen der Berufsverbände, wie bspw. die Podcast-Reihe ‚Kreislaufwirtschaft‘ für Mitglieder der Architektenkammer Rheinland-Pfalz oder die entsprechenden Beiträge in der Podcast-Reihe ‚Don’t waste the crisis‘ des BDA. Bei den Weiterbildungsangeboten der Architektenkammern und des Kölner Instituts für Sachverständigenwesen (IfS) gehört das Thema Kreislaufwirtschaft noch nicht zum Standard. Die gegebenen Denkanstöße werden in sehr langsamen Schritten zu einer Veränderung der Planungs- und Baukultur beitragen können. Im Rahmen der vorliegenden Forschung lassen sich viele offene Fragen aufzeigen, die eine kurzfristige Veränderung nicht erwarten lassen.

Im Rahmen des Projektes wurden sämtliche Handwerksbetriebe in der Region Darmstadt/ Darmstadt-Dieburg aus den Bereichen Schreinerei, Dachdeckerei, Zimmerei, Metallbau, Heizung-Lüftung-Sanitär, Steinmetzbetriebe sowie Garten- und Landschaftsbau, welche über eine elektronische Postadresse verfügten, persönlich zu ihrer Einstellung gegenüber der Wiederverwendung von Baumaterialien angeschrieben. Das Forschungsprojekt hat auch Betriebe des Abbruchgewerbes direkt über den Deutschen Abbruchverband eingebunden und entsprechende Interviews geführt (siehe Kapitel 4.6.7), um deren Kundschaft im Hinblick auf Wiederverwendungspotenziale zu sensibilisieren.

Vorausgegangen waren Anfragen im Juni 2021 an die Kreishandwerker:innenschaft sowie an die Obermeister der Innungen im Bauhaupt- und Nebengewerbe für die Region Südhessen, die unbeantwortet blieben. Von den 344 einzeln kontaktierten Betrieben antworteten lediglich 13, wobei acht Personen für ein Gespräch zur Verfügung standen und drei Betriebe das Projekt in Gänze ablehnten. Nur 3,8 Prozent der Firmen zeigte ein

---

Interesse am Thema Kreislaufwirtschaft, vorwiegend Schreinereibetriebe, während 96,2 % nicht antworteten oder negativ eingestellt waren (331 Betriebe). Das Stimmungsbild legt nahe, dass Fragen der Nachhaltigkeit sowie zur Abfall- und Ressourcenproblematik für den weitaus größten Teil der Handwerksbetriebe zum Zeitpunkt der Erhebung offenbar nur eine geringe bis keine Relevanz haben und dass die Bereitschaft für Veränderungen in Richtung einer Kreislaufwirtschaft nur entsprechend gering ausgeprägt ist. Dies mag unter Umständen auch damit zusammenhängen, dass die angefragten Institutionen des Handwerks noch die Auswirkungen der Pandemie zu bewältigen hatten und gleichzeitig die Nachfrage nach Bauleistungen bei den Betrieben sehr hoch war. Dennoch muss als ein wesentliches Ergebnis dieser Befragung davon ausgegangen werden, dass einerseits eine intensive Aufklärungsarbeit in Richtung Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz erfolgen muss, zum anderen für grundlegende Veränderungen an der Wirtschaftsweise und am Stoffflusssystem nicht allein auf freiwillige Mitwirkung gesetzt werden kann. Bei den Befragungen im Rahmen des Forschungsprojektes wurde geäußert, dass die Handwerker:innen aus unterschiedlichen Gründen nur selten bereit seien, sich der Wiederverwendung von Bauprodukten zu widmen. So sei es schwer, überhaupt Handwerker:innen zu finden, die solche Aufträge annähmen, da die Wiederverwendung oft eine hohe technische wie kreative Herausforderung darstelle, die im Alltagsgeschäft nicht jede:r bereit sei, anzunehmen (vgl. Experteninterview 15, S. 5f.). Aus dem Handwerk selbst wurde geäußert, dass der Zeitaufwand für die Bergung, Vorbereitung und den Einbau von Materialien in keinem Verhältnis stehe (vgl. Experteninterview 10, S. 12f.) aber auch Architekt:innen sahen die geringe Arbeits- und Kosteneffizienz als negativen Punkt für die Bauherr:innenschaften (vgl. Experteninterview 04: 6, 13; Experteninterview 06 S. 10; Experteninterview 07, S. 12; Experteninterview 09, S. 5f. und 18; Experteninterview 10, S. 6f.; Experteninterview 13, S. 28, Experteninterview 16, S. 2, 6f. und 9). Vor allem aus Haftungsgründen solle besser von Gebrauchtmaterialien Abstand genommen werden (vgl. Experteninterview 01, S. 3; Experteninterview 10, S. 4f.; Experteninterview 13, S. 26ff.; Experteninterview 15, S. 40f.; Experteninterview 16, S. 1f. und 12). Dem gegenüber steht die Einordnung aus der Rechtswissenschaft, dass vor allem die Gemengelage aus Abweichungen von der Routine, der zeitliche wie arbeitsmäßige Aufwand und der entgangene Gewinn aus dem Verkauf der Materialien zu einer ablehnenden Haltung bei den Betrieben führe und dies weniger mit der Haftungsfrage begründet sei (vgl. Experteninterview 19, S. 8f. und 11ff.). Diese Einschätzung wird von Akteur:innen aus dem Handwerk selbst durchaus geteilt (vgl. Experteninterview 05, S. 2; Experteninterview 09, S. 4; Experteninterview 15, S. 12).

Ein weiterer Faktor, der in Expertengesprächen von Seiten der Architekt:innen und des Handwerks benannt wurde, ist dass die Bauherrschaften die Abweichungen von technischen Standards, welche als Garantie für Qualität empfunden werden, nur selten tolerierten, insbesondere dann nicht, wenn die Planung von Architekt:innen und/ oder die Arbeiten von Fachfirmen ausgeführt würden, die für etwaige Mängel in die Haftung genommen werden könnten (vgl. Experteninterview 03, S. 4; Experteninterview 10, S. 10; Experteninterview 11, S. 17 und 19., Experteninterview 16, S. 1 und 12). Diese Haltung der Bauherr:innenschaft ist überraschend, da zugleich im Heimwerkerbereich eine weit größere Akzeptanz bei der Abweichung von technischen Standards zu verzeichnen ist. Gerade im Heimwerkerbereich konnte dank der Öffentlichkeitsarbeit ein Kreis intrinsisch motivierter Verwender:innen von Gebrauchtmaterialien, teils auch mit handwerklichem Hintergrund, identifiziert werden, der bereit war, realisierte Projekte im Eigenheim als sog. Best-Practice-Beispiele vorzustellen und bei einem Runden Tisch mitzuwirken sowie als Multiplikatoren zu fungieren. Aus dieser bereits miteinander vernetzten Gruppe aus dem Darmstädter Umland speiste sich auch ein Großteil der Teilnehmerschaft an der durch das Forschungsprojekt veranstalteten öffentlichen Konferenz im Spätsommer 2022 in Münster (Hessen) (vgl. Experteninterview 21, S. 1).

Da Bauherr:innenschaften in ihrer Eigenschaft als Finanziere final über die Bauausführung bestimmen, beeinflusst ihre persönliche Haltung auch die Bereitschaft von Architekt:innen und Handwerker:innen, sich mit der Frage nach umweltschonenderen Konstruktionsweisen und Materialien zu beschäftigen, in negativer Weise.

---

In der deutschen Gesellschaft ist noch ein großes Informationsdefizit beim Thema des nachhaltigen Bauens, insbesondere bei den Themen Rohstoffe, graue Energie, Recyclingbaustoffe und der Möglichkeit der erneuten Nutzung von Baumaterialien vorhanden, dies betrifft gerade auch den Endverbraucher (Dechantsreiter 2016, S. 17). Das Projekt WieBauin hat das Ziel verfolgt, den Kreis der Nachfrager, d. h. der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer von wiederverwendbaren Baumaterialien, mittels geeigneter Methoden und Instrumente über die Verwendbarkeit solcher Materialien aufzuklären.

In den geführten Gesprächen kam zum Ausdruck, dass für potenzielle Bauherr:innen, eine Wiederverwendung von Baumaterialien bisher kein maßgebliches Thema darstellt. Die befragten Personen aus Bürgerschaft und Handwerk, aber auch Architekt:innen, gaben zumeist an, nie über die Wiederverwendung nachgedacht zu haben, da hierzu kein konkreter Anlass bestanden habe.

Im Vergleich mit der Berichterstattung in den Medien und den Bemühungen der Politik bzw. der öffentlichen Hand zur Abfallvermeidung bei Verpackungsmaterialien sowie zur Förderung der energetischen Ertüchtigung von Gebäuden durch Senkung des Heizenergiebedarfes, nimmt der Themenkomplex Bauabfälle – und damit auch das Thema Wiederverwendung – bisher sowohl in der Politik als auch in den Medien und in der Folge davon im kollektiven Bewusstsein nur einen geringen Stellenwert ein. Der Fokus liegt auf der Nutzungsphase der Gebäude und möglichen energetischen Einsparungen. Damit wird nur ein Teilbereich des Lebenszyklus der Gebäude betrachtet. Die Erstellung der Gebäude und ihr Rückbau werden nur in Ausnahmen einbezogen und sind damit ebenso wenig Teil einer ganzheitlichen Betrachtung wie auch der städtebauliche Kontext im Quartier und die notwendigen Infrastrukturen. Das Thema Re-Use erfreut sich dennoch insgesamt einer wachsenden Beliebtheit in Bezug auf den Gebrauch von Konsumgütern, was an der wachsenden Zahl an Repair-Cafés und Tauschbörsen abzulesen ist. Obwohl Fernsehsendungen in zunehmendem Maße und auch Massenmedien wie das Zweite Deutsche Fernsehen (ZDF) sich in seiner Reihe ‚Plan B‘ dem Thema Kreislaufwirtschaft und Wiederverwendung/Wiederverwertung im Bauwesen auf populärwissenschaftlicher Ebene seit einigen Jahren annehmen (ZDF 2018; ZDF 2019), ist eine erhöhte Sensibilisierung der Gesellschaft zum jetzigen Stand in den geführten Experteninterviews leider nicht nachzuweisen.

Auf der Bundesgartenschau (BUGA) 2019 in Heilbronn erfuhr mit dem sog. ‚Mehr.WERT.Pavillon‘ des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ein universitäres Forschungsprojekt dreier Fachgebiete sowie Studierenden unter der Leitung von Prof. Dirk E. Hebel große Aufmerksamkeit. Gefördert wurde dieses Projekt vom Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg sowie den Heilbronner Entsorgungsbetrieben. Der Pavillon demonstriert die technische Machbarkeit der Wiederverwendung von Materialien aus dem anthropogenen Rohstofflager einerseits und thematisiert andererseits die besondere Ästhetik des wiederverwendeten Materials (Hebel 2020). Die Symbolik sowie prominente Platzierung auf einer Bundesgartenschau ist Teil der Strategie, zu einem Bewusstseinswandel bzw. zu einem Umdenken von der linearen Wirtschaftsweise hin zur Kreislaufwirtschaft öffentlichkeitswirksam anzuregen (Sigmund 2019).

Auf der nachfolgenden Bundesgartenschau in Mannheim wurde das Thema Wiederverwendung erneut in der Gestaltung des sog. Spinelli-Geländes – einer Konversionsfläche – aufgegriffen, indem Objekte wie Trennwände aus Recyclingholz und Paletten aufgestellt wurden oder etwa altes Mobiliar in den ehemaligen Hallen als Ausstellungsmöbel verwendet wurden. Das dortige Kunstwerk ‚Coversio‘ des Mannheimer Künstlers Philipp Morlock (BUGA 23 2023) verbindet in symbolischer Weise das Thema Konversion mit dem Themenkomplex Re-Use und Recycling, indem alte Baumaterialien zu einer kubischen Großskulptur zusammengefügt werden. Gemeinsam mit dem Mission-Circular-Pavillon, einer Ausstellungsüberdachung aus Abfalltonnen des Stadtraumservice Mannheim zum Thema Recycling, wurde auf der Mannheimer Bundesgartenschau auf diese Weise ein Schwerpunkt auf Wiederverwendung im Allgemeinen gesetzt, jedoch war festzustellen, dass das Thema Re-Use insbesondere von Baumaterialien – im Gegensatz zu den häuslichen Abfällen – über den symbolischen Wert des

---

Kunstwerkes nicht auf die Ebene der gesellschaftlichen und subjektiven Verantwortung z. B. in der Form von Zukunftsprojekten, Lösungsansätzen oder Handlungsempfehlungen heruntergebrochen wurde.

Neben der bereits thematisierten geringen Risikobereitschaft aller Akteure in den im Rahmen des Forschungsprojekts geführten Expertengesprächen kam zum Ausdruck, dass auch der aus verschiedenen Gründen stetig steigende Kostendruck beim Bauen in der Regel zur Auswahl der kostengünstigsten, jedoch nicht ökologisch nachhaltigsten Konstruktionsweise führt, wobei die langfristigen Folgen seitens aller Akteure meist nicht beachtet werden (vgl. Experteninterview 04, S. 17 und 23; Experteninterview 05, S. 4; Experteninterview 06, S. 3 und 6; Experteninterview 08, S. 6, Experteninterview 16, S. 8, Experteninterview 20).

Die befragten Interviewpartner, die sich bereits mit dem Thema befasst hatten, gaben vornehmlich an, dass die Motivation in erster Linie aus dem Vorhandensein alter Baumaterialien vor Ort (z. B. bei der Sanierung alter Gebäude) (vgl. Experteninterview 02, S. 1; Experteninterview 03, S. 2; Experteninterview 09, S. 20) und bzw. oder aus baukulturellen Gründen (vgl. Experteninterview 02, S. 1; Experteninterview 05, S. 3; Experteninterview 16) resultiere. Einige nannten den Wunsch nach einer Vermeidung von Verschwendung im Sinne der Wertschätzung handwerklicher oder materieller Güter bzw. von Minimierung von Naturzerstörung und Interesse an Nachhaltigkeitsfragen (vgl. Experteninterview 04, S. 1; Experteninterview 08, S. 1; Experteninterview 11, S. 1; Experteninterview 14, S. 17; Experteninterview 15, S. 1; Experteninterview 18, S. 3).

Das noch unzureichende allgemeine Umweltbewusstsein der am Bau Beteiligten, die geringe Risikobereitschaft und der Kostendruck haben insbesondere in Deutschland dazu geführt, dass Veränderungen im Bausektor in Richtung Kreislaufwirtschaft unterblieben sind und im Gegensatz zu den Nachbarländern ein großer Nachholbedarf in Bezug auf Abfallvermeidung, rezykliergerichtetes Bauen, Baustoffrecycling und Wiederverwendung besteht.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass in den durchgeführten Interviews mit Bauherr:innen, Handwerksbetrieben, Architekt:innen und Kommunalvertreter:innen eine in der Breite äußerst geringe Sensibilisierung für das Thema Kreislaufwirtschaft festzustellen war und dass die Notwendigkeit des persönlichen Engagements bzw. eines Tätigwerdens des eigenen Unternehmens oder der eigenen Institution oder der eigenen Person nicht gesehen wurde.

## **Ansatz**

Für den Erfolg der Kreislaufwirtschaft von Bauprodukten ist eine Akzeptanz von Wiederverwertungsprodukten durch die Bauherr:innen-, Planer:innen- und Ausführendenseite unerlässlich. Gegenwärtig ist nicht genügend Wissen bzgl. der Wiederverwendung vorhanden und nur sehr wenige Baubeteiligte können auf Kenntnisse und Erfahrungen in der Wiederverwendung von Bauprodukten zurückgreifen. Es ist daher abzuleiten, dass der Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit in Bezug auf Re-Use in allen Akteursbereichen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte, um Vorbehalte abzubauen. Die Befragung von Akteur:innen bestätigte über die StAR-Bau-Studie (vgl. Volk et al. 2019) hinaus, dass Schulungsmaterialien und anschaulich aufbereitete Informationsangebote für die planenden Berufe und das Handwerk sowie die Bürger:innen als Schlüssel zur Sensibilisierung gesehen werden und von Seiten der in den Interviews befragten Experten aus diesen Bereichen ausdrücklich begrüßt werden. Es wurde daher ein Beratungsangebot in den beteiligten Gemeinden Münster und Oetzberg erprobt, um die bereitgestellten und breit gestreuten Informationsmaterialien zur Wiederverwendung von Baumaterialien zu ergänzen. Im Erfolgsfall sollte eine Verstärkung erfolgen.

Um dem vorhandenen gesamtgesellschaftlichen Wissensdefizit zu den negativen Umweltfolgen der Linearwirtschaft im Bauwesen entgegenzuwirken, bedarf es verstärkter Bemühungen um Aufklärung, sowohl bei den Bürgerinnen und Bürgern, beim Handwerk und bei den planenden Berufen, als auch bei Politik und Verwaltung. Für die Wiederverwendung von Baumaterialien bedeutet dies, dass einerseits niederschwellige Angebote in der

---

Form von Bürgerveranstaltungen bzw. der Präsenz bei lokalen öffentlichen Veranstaltungen, der Nutzung digitaler sozialer Medien, der Bereitstellung von Informationsmaterialien wie Nachschlagewerken, internetbasierten Angeboten und sog. Softwaretools an die breite Bevölkerung gemacht werden müssen, andererseits, dass das Fachpublikum über Veranstaltungen, Fachvorträge und Diskussionen erreicht werden muss. Das Projekt WieBauin hat neben der bereits beschriebenen Öffentlichkeitsarbeit über Druckmedien, Pressearbeit und die sozialen Medien, eine Sensibilisierung und Weiterbildung von Bürger:innen, Handwerker:innen, Architekt:innen, Ingenieur:innen und der Mitarbeiter:innen der öffentlichen Verwaltungen über ein sog. Weiterbildungspaket organisiert. Es ergänzt das in Kapitel 4.3 beschriebene Beratungsangebot für Immobilieneigentümer:innen (Leitfaden zur Einbindung von Immobilieneigentümer:innen – s. o.). Das Weiterbildungspaket besteht aus zwei Hauptkomponenten: das als Leitfaden konzipierte Handbuch ‚Baumaterialien wiederverwenden‘ sowie das internetbasierte Softwaretool ‚Materialertragsrechner‘, das interessierten Eigentümer:innen von Abbruchgebäuden erste Anhaltspunkte über zu erwartende Materialmengen und mögliche Verkaufserlöse sowie die positiven Umweltwirkungen einer potenziellen Wiederverwendung infrage kommender Materialien liefert.

#### **4.6.1 Handbuch ‚Baumaterialien wiederverwenden‘**

Für die breite Öffentlichkeit in der Region wurde ein Nachschlagewerk, das Grundlagenwissen bereitstellt, den baukulturellen sowie umwelt- und ressourcenbezogenen Nutzen aufzeigt und Handlungsempfehlungen gibt, entwickelt (siehe Abb. 76). Es ist konzipiert als niederschwelliges Kompendium, das das Thema Wiederverwendung anschaulich behandelt. Bei diesem ca. 200-seitigen bebilderten Handbuch handelt es sich um ein Nachschlagewerk, das Grundlagenwissen für die interessierte Öffentlichkeit bereitstellt. Das Handbuch stellt den Ansatz der Wiederverwendung im Bauwesen dar und beleuchtet Aspekte wie die baukulturelle Dimension, die regionaltypischen Materialien und Konstruktionsweisen und gibt Handlungsempfehlungen für bürgerschaftliches Engagement in Sachen Bauteillager, Bauteilbörsen und Netzwerkbildung vor Ort.

Durch die Vorstellung von Beispielen gelungener Umsetzungen aus der Region, sog. Best-Practice-Beispielen werden Vorbilder aufgezeigt und so das Interesse und die intrinsische Motivation der Menschen, v. a. der Immobilieneigentümer:innen, der Heim- und Handwerker:innen, geweckt, den guten Vorbildern mit einem eigenen Beitrag zu folgen. Ferner dient das Handbuch dazu, Eigentümer:innen von Abbruchgebäuden darüber aufzuklären, ob Komponenten von Bauteilen ihres Hauses für eine Wiederverwendung in Betracht kommen können. Es ergänzt den Leitfaden für Immobilieneigentümer:innen (siehe Kapitel 4.3.).

Das Kompendium wurde im ersten Schritt in der Erstauflage über die Projekthomepage [www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de) kostenlos für jedermann zum Herunterladen zur Verfügung gestellt. Die überarbeitete Drittauflage wurde darüber hinaus auch als E-Book auf der Publikationsplattform TUprints der TU Darmstadt digital veröffentlicht (Labidi 2023).



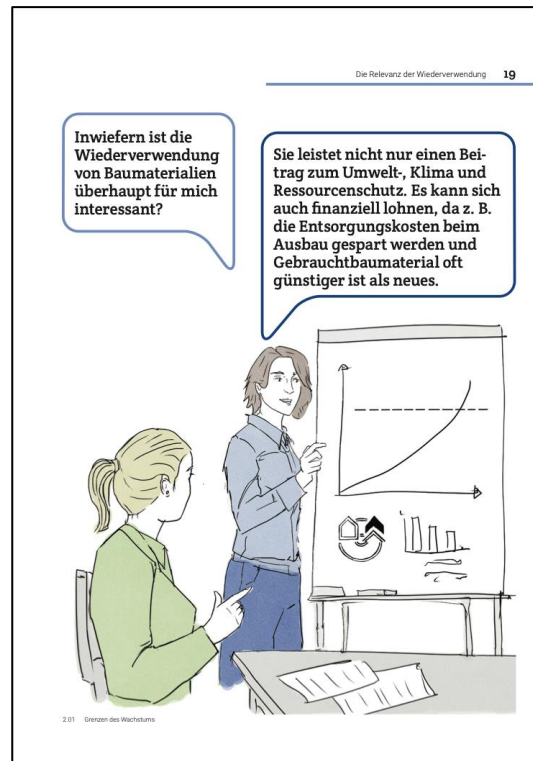


Abb. 76: Titelseite Handbuch ‚Baumaterialien wiederverwenden‘ und niederschwellige Ansprache von Bürger:innen im Handbuch (eigene Darstellung)

Das Handbuch ist gegliedert in die folgenden neun Kapitel inklusive thematisch eingestreuter Interviews.

## I. Einführung. Die Relevanz der Wiederverwendung

Kapitel I thematisiert die Problematik des großen Ressourcenverbrauchs durch den Bausektor. Angesprochen wird das Ungleichgewicht von Profiten und Umweltschäden zwischen urbanen Regionen, in denen Baumaterialien genutzt werden und den ländlichen Regionen, wo deren Rohstoffe gewonnen, Baustoffe produziert und nach der Nutzung wiederum deponiert werden. Ausgehend von der Langlebigkeit von Baumaterialien im Allgemeinen wird auf alternative Ansätze zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs im Bausektor verwiesen. Ausgehend davon, dass die Bestandserhaltung in der Form der Weiternutzung von Gebäuden bzw. deren Sanierung die beste Möglichkeit der Ressourcenschonung darstellt, ist im notwendigen Fall einer Neubebauung erschlossener Grundstücke zumindest die Wiederverwendung nicht mehr genutzter und abgängiger Bausubstanz die beste Lösung, um gleichzeitig sparsam mit der wertvollen Ressource Boden umzugehen. Um Primärmaterialien einzusparen, sollten bei Neubauvorhaben wie Sanierungen möglichst viele Materialien wiederverwendet werden, anstatt sie zu entsorgen. Sind Materialien nicht mehr nutzbar, sollten sie möglichst einem stofflichen Recycling zugeführt werden. Sofern Neubauten entstehen, ist der Bau von Mehrfamilienhäusern aus Gründen der Ressourceneffizienz zu bevorzugen, da sowohl Boden als Rohstoffe eingespart werden. Als zusätzlicher Effekt lassen sich verglichen mit dem Einfamilienhaus die Betriebskosten pro Wohneinheit niedriger halten.

## II. Erhalten bleiben. Ressourcen schonen und Gestalt wahren

Das zweite Kapitel behandelt die historische Dimension hinter der Wiederverwendung von Baumaterialien und überträgt den aus der Tradition kommenden Gedanken auf die Gegenwart (siehe Abb. 77).

Es geht dabei darum, herauszustellen, dass die Tradition der Baumaterialwiederverwendung über Jahrtausende hinweg den Normalfall beim Bau von Gebäuden aller Art darstellte, z. B. bei der Verwendung antiker Steine oder beim Bau von Wohnhäusern aus den Werksteinen zerstörter Gebäude, die von mittelalterlichen Burgen oder der Verwendung von Spolien zur Dekoration bis zu dem Wiederaufbau im Nachkriegsdeutschland reichen. Dass erst die zunehmende Mechanisierung, die steigenden Lohnstückkosten und der Zeitfaktor bei der Immobilien-spekulation zu einer Abkehr vom schonenden Rückbau und der Wiederverwendung führte, wird auch in diesem Zusammenhang angesprochen. Anhand von sieben Punkten werden die Gründe angeführt, die für eine Rückkehr zur traditionellen Form des Umgangs mit alten Baumaterialien sprechen:

Das sind

1. der Umwelt- und Ressourcenschutz durch die Einsparung von Gewinnungs- und Deponierungsflächen,
2. der Schutz des Klimas durch die Einsparung fossiler Energien bei der Herstellung,
3. der Erhalt der typischen gewachsenen Ortsbilder,
4. die identitätsstiftende Funktion alter Bauwerke,
5. die Einsparung von Entsorgungskosten,
6. der Erhalt traditioneller, vom Aussterben bedrohter Handwerkstechniken sowie
7. ikonografische Aspekte in der Form einer Erinnerung an soziale und kulturelle Umstände der Entstehungszeit.

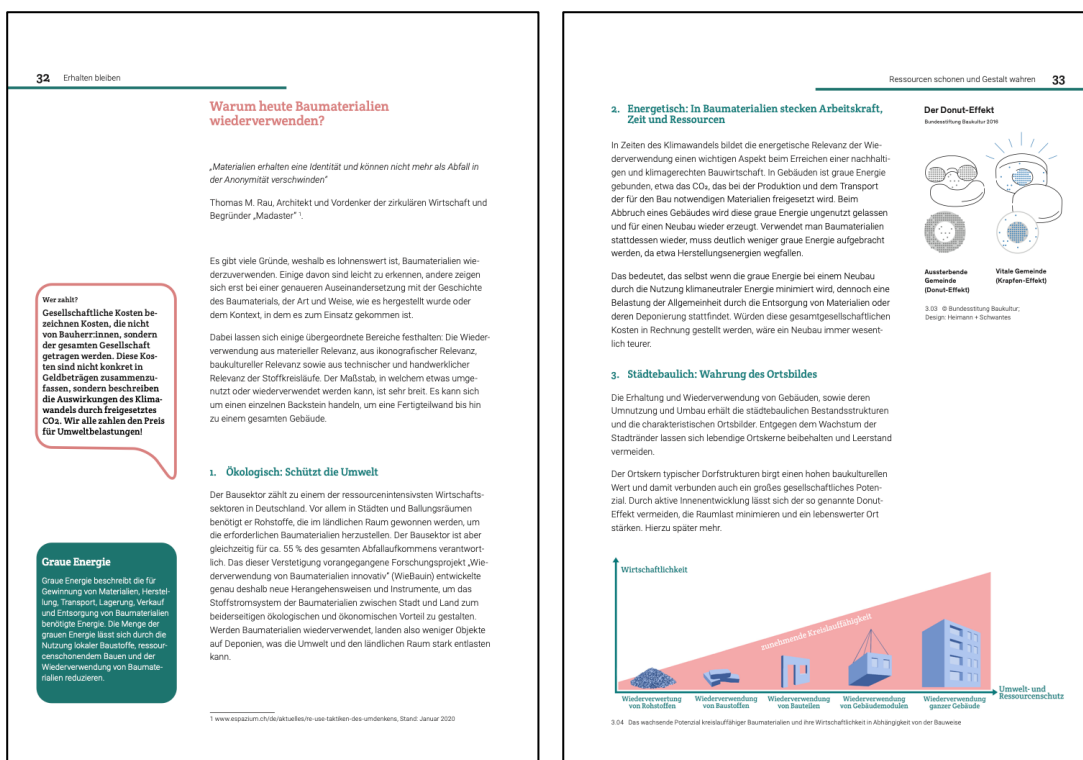


Abb. 77: Auszug aus dem Kapitel ‚Erhalten bleiben - Ressourcen schonen und Gestalt wahren‘ (eigene Darstellung)

### III. Im Gespräch mit Timm Krafzig

Im Interview äußert sich der Baubiologie, Bauberater und Baudienstleister Timm Krafzig zur Sinnhaftigkeit und zu den Vorteilen der Baumaterialwiederverwendung im Allgemeinen und erläutert seine Sicht bzgl. der Zukunftsperspektiven des Material-Re-Use im privaten und gewerblichen Umfeld.

---

#### **IV. Baukultur und regionale Identität. Das Besondere Ortsbild**

Kapitel IV widmet sich dem Themenkomplex Baukultur, Ortsbild und Heimat und adressiert neben Bauwilligen und Architekt:innen insbesondere die Kommunalpolitik und die Stadt- und Gemeindeverwaltungen als Entscheidungsträger der baulichen Entwicklung von Städten und Gemeinden (siehe Abb. 78).

Es wird zunächst auf den Begriff der Baukultur eingegangen und auf die Bedeutung der gebauten Umwelt als Abbild sozialer, wirtschaftlicher, politischer und kultureller Verhältnisse im Laufe der Zeit. Im Weiteren wird thematisiert, dass das baukulturelle Bewusstsein in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern nur in geringem Maße ausgeprägt ist, obwohl die Baukultur den Alltag der Bevölkerung und die Identität und Unverwechselbarkeit eines Ortes maßgeblich prägt. Insbesondere die Entwicklungen der Nachkriegszeit wie bspw. die Anwendung neuer Bautechniken und Baustoffe, die industrielle Massenfertigung, die Ablehnung traditioneller Handwerkstechniken und Ausdrucksformen, die Hinwendung zu einer ubiquitären vermeintlichen Modernität sowie der Strukturwandel in der Landwirtschaft mit einem Trend zu immer größeren, industrialisierten Betrieben und einem damit verbundenen Höfesterben sowie die Motorisierung der Landbevölkerung beeinflusste in großem Maße die Baukultur im ländlichen, aber auch im städtischen Raum. Tendenzen wie Landflucht, aber auch gegenteilige Effekte wie Verstädterungstendenzen im Umland urbaner Zentren haben Auswirkungen auf die Orte im ruralen Raum, deren besondere Ortsbilder und damit verbundene Identität häufig von Verfall, Zerstörung oder Überformung bedroht sind, was durch das Wachstum der Städte verstärkt wird.

Der Abschnitt ‚Die Wahrnehmung von Baukultur‘ beschäftigt sich eingehend mit der Frage, wie Baukultur erkannt und erlebt werden kann. Dazu wird die Wahrnehmungsmethode des dänischen Stadtplaners Jan Gehl vorgestellt, die die Beschreibung der gebauten Umwelt mit dem Erkennen von Menschen aus unterschiedlichen räumlichen Abständen vergleicht.

Der nächste Abschnitt leitet vom Erkennen und der Wertschätzung baukultureller Qualitäten zur Weiterentwicklung ebendieser über. Es wird empfohlen, bei der Planung von Bauvorhaben eine Analyse des Ortsbildes, der baukulturellen Qualitäten und des baulichen Kontextes am Standort vorzunehmen, um angemessene wie zeitgemäße bauliche Antworten zu finden.

Im Abschnitt ‚Der Verlust der Mitte‘ wird der sog. Donut-Effekt, d. h. der strukturelle, funktionale und bauliche Verfall der alten Ortskerne infolge der fortschreitenden Entwicklung von gestalterisch beliebigen Wohn- und Gewerbegebieten an den Ortsrändern erläutert.

Im Folgenden wird verdeutlicht, welche Bedeutung strategischen Innenentwicklungsmaßnahmen zukommt und dass mit der Revitalisierung alter Ortskerne neben dem Erhalt von Ortsbildern und Baukultur auch wirtschaftliche und ökologische Vorteile für den Einzelnen und die Gemeinde verbunden sind und dass mit vitalen Ortskernen die Attraktivität des ländlichen Raumes positiv beeinflusst wird.

Unter dem Titel ‚Charakteristische Baumaterialien als Elemente der regionalen Identität‘ wird darauf eingegangen, inwiefern ein Zusammenhang zwischen Region, Gebäudealter und Baumaterialien besteht und dass aufgrund der Baugestaltung und Materialität Aussagen historischer Dimension gemacht werden können.

Der Abschnitt ‚Mehrwert durch Baukultur: Attraktive Orte mit Lebensqualität‘ will vermitteln, inwiefern der Erhalt und die Weiterentwicklung von zu mehr Lebensqualität im Bestandsstrukturen im ländlichen Raum führen kann. Es wird am Beispiel der behutsamen Erneuerungsmaßnahmen, die in den 1980er und frühen 1990er Jahren vor allem in städtischen Sanierungsgebieten umgesetzt wurden, erklärt, dass strukturell vernachlässigte Quartiere und Orte erfolgreich wiederbelebt werden können, wenn der Gebäudebestand als Kapital und Chance gesehen wird und dadurch ein Aufschwung initiiert werden kann. Weiche Standortfaktoren wie ein besonderes, intaktes oder behutsam weiterentwickeltes Ortsbild können hier einen entscheidenden Impuls für die positive

Entwicklung von Gemeinden darstellen. Dazu gehören auch die wirtschaftlichen Effekte, die einer gut erhaltenen Bausubstanz zu verdanken sind, seien es Immobilien- und Bodenwertsteigerungen, Einwohnerzuwachs, Tourismus, Stärkung der Nahversorgung, des höherwertigen Einzelhandels und des gastronomischen Angebots.

Der Abschnitt ‚Baukultur im Landkreis Darmstadt-Dieburg‘ erläutert die Besonderheiten der WieBauin-Projektregion und geht auf die vorhandenen Siedlungstypen Südhessens ein: Straßendörfer, Haufendörfer, Radformsiedlungen, Plansiedlungen und Streusiedlungen. Als Haustypen wird die Gruppe der auf das Mittelalter zurückgehenden Fachwerkhäuser und fränkischen Hofanlagen (Hofreiten), die den weitaus größten Anteil der traditionellen ländlichen, klein- und mittelstädtischen vorindustriellen Bebauung ausmachen, vorgestellt, im Weiteren die Gebäude des 19. und frühen 20. Jahrhunderts (Historismus, Heimatstil) aus Ziegelmauerwerk, die erste industriell hergestellte Bauprodukte aufweisen.

Es wird herausgestellt, dass nach dem Zweiten Weltkrieg, in der Zeit des sog. Wirtschaftswunders ein starkes Wachstum der Gemeinden sowie ein Modernisierungsschub eingesetzt hat, der einen großen Verlust an regionaler Baukultur durch Abbrüche, Neubauten und Umgestaltungen von Häusern und öffentlichen Räumen zur Folge hatte, sodass ein Großteil der Bausubstanz nicht mehr im Originalzustand erhalten ist, sondern material- und stilfremde Elemente und Baustoffe aufweist. Als weiteres Problem werden die wachsenden Gebäudeleerstände in den Kernbereichen der Orte angesprochen, die mancherorts in der baurechtlich verfügbaren Beseitigung sog. Schrottimmobilien aufgrund der Gefahrenabwehr münden, was in starkem Gegensatz zur teils intensiven Neubautätigkeit im ehemaligen Außenbereich an den Ortsrändern steht, die ein unwirtschaftliches und ressourcenintensives Flächenwachstum der Siedlungen verursacht.

Angesichts der hohen Immobilienpreise in den Ballungszentren muss mit einer Fortsetzung dieser Entwicklung gerechnet werden, weshalb Innenentwicklungsmaßnahmen als sinnvolle Maßnahme zur Eindämmung des Flächenwachstums und zum Erhalt der Bausubstanz vorgestellt werden. Dabei wird angeregt, bei Sanierungen und bei unabwendbaren Abbrüchen anfallende Baumaterialien behutsam zu bergen und in Neu- und Umbauten zu integrieren, um Bauteile, Komponenten und Materialien und Gegenstände von finanziellem, handwerklichem, baukulturellem oder ideellem Wert zu erhalten und die gleichzeitig die Mengen an Bauabfällen zu reduzieren.



Abb. 78: Baukultur in der Projektregion(eigene Darstellung)

## V. Verborgene Werte. Ein Haus als Ressource

Das fünfte Kapitel behandelt den Themenkomplex Wiederverwendung und Wiederverwertung sowie die typischerweise im Bestand vorhandenen Baumaterialien und ihre Neunutzungsoptionen. Es geht hierbei zuerst darum, ein Grundverständnis bei den Adressat:innen für Stoffkreisläufe aufzubauen und um den Missverständnissen und Wissensdefiziten in Bezug auf die Begrifflichkeiten der Abfallwirtschaft (Recycling – Verwertung, Re-Use – Wiederverwendung) entgegenzuwirken, die bei Laien, aber auch Akteur:innen in der Bauwirtschaft vorhanden sind, siehe auch die Nutzung der Begriffe durch die Laufe des Projektes befragten Personen (vgl. Experteninterview 04; Experteninterview 07; Experteninterview 11; Experteninterview 13; Experteninterview 14; Experteninterview 21).

Zu Anfang werden die Leser:innen an das Konzept des Urban Minings herangeführt, indem die Problematik des hohen Anteils der Bauwirtschaft am deutschen Gesamtabfallaufkommen beleuchtet wird. Es wird herausgestellt, dass eine Kreislaufwirtschaft im Bausektor in Deutschland bislang nicht existent ist und dass die häufig publizierte hohe Recyclingquote von 89 % lediglich auf das Downcycling von mineralischem Bauschutt im Straßen- und Deponiebau – also einem Verwertungsprozess – zurückzuführen ist und nicht auf eine Kreislaufführung von Rohstoffen (siehe Kapitel 4.5; siehe Abb. 79, links). Als Alternative zu der damit einhergehenden Vernichtung der in den Baustoffen gebundenen grauen Energie sowie zu der Zerstörung ggf. noch intakter Materialien und Handwerksprodukte bietet sich die schonende Demontage und der Wiedereinbau in anderen Gebäuden an, womit der Gebäudebestand zur sog. urbanen Mine wird.

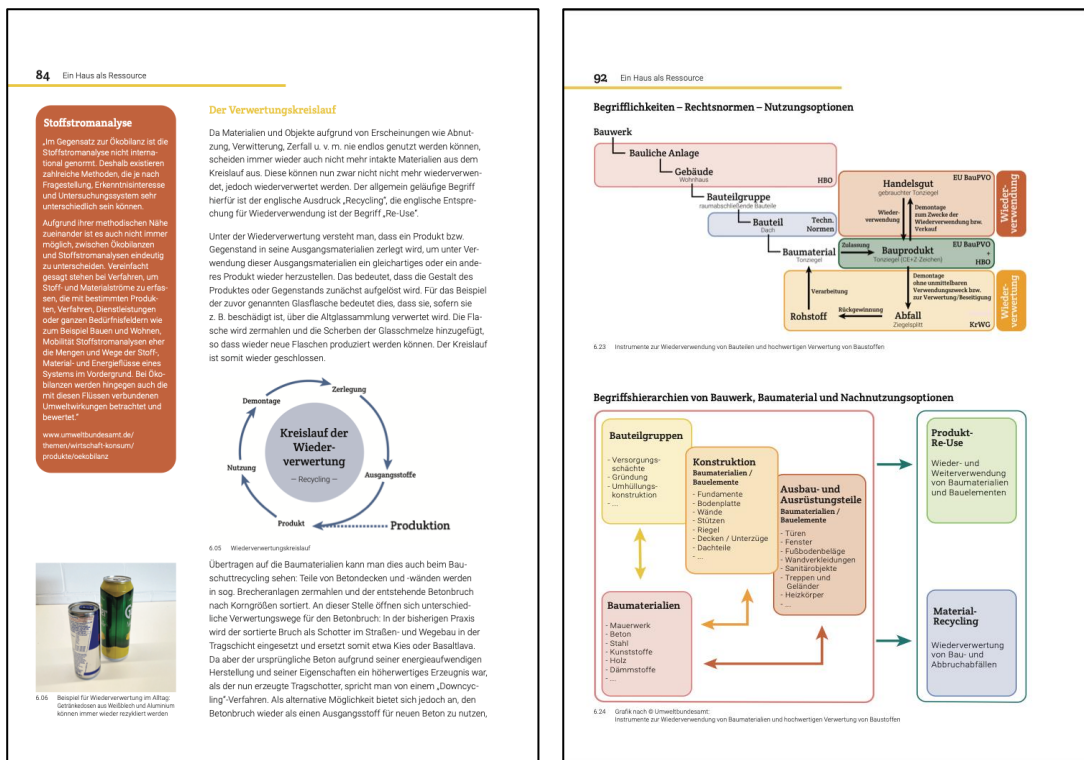


Abb. 79: Darstellung von Materialkreisläufen und Begrifflichkeiten zur Nutzung von Baumaterialien und daraus gewonnenen Sekundärrohstoffen (eigene Darstellung)

Im folgenden Abschnitt wird die Leserschaft mit den unterschiedlichen Rohstoffkreisläufen anhand von Beispielen aus dem Alltag (Getränkeverpackungen) und ihrer Übertragung auf Bauprodukte vertraut gemacht. Hierbei wird vor allem auf den Unterschied zwischen Wiederverwendung (Re-Use) und Wiederverwertung (Recycling) hingewiesen und das in den Medien präzente Thema Upcycling als Re-Use-Methode eingeordnet.

---

Wesentlich für das Verständnis von Stoffstromsystemen ist die Aufschlüsselung von Materialströmen in den sog. biotischen und technischen Kreislauf, um der Leserschaft nahezubringen, welche Notwendigkeiten und Potenziale hinsichtlich der Verwendung und Verwertung von Materialgruppen bestehen. Ziel der Kreislaufwirtschaft ist es, Produkte so lange wie möglich in diesen Kreisläufen zu halten, weshalb auf das sog. Cradle-to-Cradle-Prinzip verwiesen wird. Übertragen auf die Planung, den Bau, den Betrieb und den Rückbau von Gebäuden sowie den Verbleib der aus dem Rückbau resultierenden Stoffe ergeben sich für Bauherrschaften, Planer:innen und das Handwerk sieben wichtige Punkte als Entscheidungshilfe:

1. flexible Grundrisse angesichts der verschiedenen Anforderungen und Lebensphasen der Nutzer:innen planen,
2. langlebige Materialien verwenden,
3. möglichst viele Materialien aus dem biotischen Kreislauf verwenden,
4. auf Schadstofffreiheit von Bauprodukten achten,
5. Wiederverwendungs- und Recyclingbaustoffe verwenden,
6. auf Kompositbaustoffe grundsätzlich verzichten,
7. lösbare Verbindungen anstelle von Verklebungen einsetzen.

Der nächste Abschnitt behandelt die rechtlichen Aspekte in Bezug auf die Wiederverwendung von Baumaterialien. Zu Beginn werden die Begrifflichkeiten und Quellen des Bau- und Produktrechts erläutert, welche bei der weiteren Verwendung von Materialien zu tragen kommen (siehe Abb. 79, rechts). Es sind dies Begriffe wie ‚bauliche Anlage‘, ‚Gebäude‘, ‚Bauteil‘, ‚Baumaterial‘, ‚Bauprodukt‘. Es wird hierbei betont, dass Bauprodukte in Deutschland einer Zulassung bedürfen, da dies Folgen für den Umgang mit selbigen bei der Wiederverwendung hat.

Vor enormer Wichtigkeit für die Wiederverwendung von gebrauchten Materialien ist die Frage nach der Abfalleigenschaft der anfallenden Stoffe (siehe Kapitel 4.7.1). Die Abfalleigenschaft wird in § 3 Abs. 1 KrWG über den Entledigungswillen definiert. Werden Baumaterialien aus Gebäuden entnommen, um wieder in Gebäuden eingebaut zu werden, tritt ein neuer Verwendungszweck ein, sodass von einem Willen zur Entledigung nicht auszugehen ist. Gemäß § 3 Abs. 3 KrWG gelten somit Baumaterialien zur Wiederverwendung nicht als Abfälle, wenn ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an die Stelle der ursprünglichen Zweckbestimmung tritt. Werden Materialien allerdings erst nachträglich für den Einbau an anderer Stelle ausgewählt, waren sie zwischenzeitlich als Abfälle einzustufen und sind der Verwertung zuzuführen. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung ist nach § 3 Abs. 23a und 24 als Verwertungsverfahren eingestuft. Wird eine solche Vorbereitung durchlaufen (z. B. Reinigung, Prüfung, Reparatur) können die Materialien ihre Abfalleigenschaft wiederum verlieren und dürfen entsprechend wiederverwendet werden. Da große Unsicherheiten daraus abgeleitete Vorbehalte bei allen beteiligten Kreisen (Bauherr:innen, Architekt:innen, Handwerk, Abfallbehörden) im Umgang mit gebrauchten Materialien, ihrer Abfalleigenschaft sowie der Bauproduktzulassung bestehen (Halstenberg und Franßen 2022), ist es essenziell, die Akteur:innen hierüber aufzuklären.

Im folgenden Abschnitt werden die typischerweise in Gebäuden enthaltenen Baumaterialien bzw. Bauprodukte und ihr Wiederverwendungspotenzial beschrieben (siehe Abb. 80). Dabei lässt sich die Kreislauffähigkeit der Materialien gemäß ihrer Gruppenzugehörigkeit (biotisch, fossil, mineralisch, metallisch) zuordnen.

Die biotischen Materialien des natürlichen Kreislaufs, wie v. a. Holz, die über die Verrottung in den natürlichen Kreislauf zurückgelangen können, weisen generell sowohl ein hohes Wiederverwendungs- wie auch Wiederverwertungspotenzial auf und eignen sich gut dazu, erneut in Gebäude eingebaut zu werden. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass Altholz durchaus mit Schadstoffen belastet sein kann und im besonderen Falle zu entsorgen ist. Gleichermäßen wird auf die Problematik der Holzwerkstoffe aufmerksam gemacht, die sich nur bedingt zur weiteren Verwendung oder Verwertung eignen.

### Materialgruppen und ihr Potenzial zur Wiederverwendung

Die in Deutschland in den Gebäuden zum Einsatz kommenden Baumaterialien lassen sich in Abhängigkeit von ihrer Ursprung, ihrer Zusammensetzung und ihrer Kreislaufbarkeit grob in vier verschiedene Gruppen unterteilen: die biotischen, die fossilen, die mineralischen sowie die metallischen Materialien.

#### Biotische Materialien

Biotische Materialien sind pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, d. h. sie entstehen durch organisches Wachstum und zählen damit zu den natürlichen Materialien. Sie können direkt aus der Natur oder in Agrokulturen wie Forsten, Plantagen und Ackerbau oder aus der Tierzucht gewonnen werden. Nach dem Nutzungsende kehren sie dank Verrottungsprozessen als Nährstoffe zurück in den Wachstumskreislauf, wo sie die Grundlage für die Bildung neuer Stoffe dienen. Dieser Kreislauf wird als Kohlenstoffzyklus beschrieben. Dadurch zählen sie zu den erneuerbaren Materialien, die aufgrund ihres Kreislauf aus Werten und Vergleichen theoretisch endlos verfügbar sind. Der Erneuerungszeitraum biotischer Materialien von Jahren bis zu Jahrzehnten ist relativ kurz. Zur Materialgruppe gehören u. a. Holz, Bambus, Schilfrohr, Baumwolle, Kautschuk, Schurwolle und Leder. Sofern diese Naturmaterialien gepflegt und sachgemäß behandelt wurden, können sie ohne weiteres erneut verwendet werden.



6.27 Gebohrte Bretter aus Holz



6.28 Demontierte Holztreppen



6.29 Wiederverwendete Holzbalken

Hölzer und Holzreste, die unbelastet und gut erhalten sind, jedoch nicht für eine Wiederverwendung genutzt werden können, können über das Altholzrecycling zu Spanplatten, Press- oder Sperrholz für den Möbelbau verarbeitet werden. Sind Hölzer morsch oder mit Schadstoffen belastet, müssen sie entsorgt werden. Hierzu muss das Altholz gemäß Altholzverordnung sortiert werden. Die seitlich von Holzabfällen vier Altholzklassen + eine Sonderkategorie vor: A I - IV sowie PCB-behandeltes Holz. PCB steht für polychlorierte Biphenyle, ein gesundheitsgefährdendes Holzschutzmittel, das bis in 1980er Jahre hinein verwendet wurde. Die Entsorgung von Holzabfällen erfolgt als Brennstoff in Kraftwerken.

Durch technischen Fortschritt und Effizienzsteigerung sind in den vergangenen Jahrzehnten immer mehr Holzprodukte durch Holzwerkstoffe und Holzimitate ersetzt worden. Diese eignen sich nur bedingt für eine Wiederverwendung und kaum für eine Verwertung, da sie stofflich nicht der Kategorie der biotischen Baustoffe, sondern aufgrund der zusätzlichen Verwendung fossiler Materialkomponenten als Komposite zuzuordnen sind. Durch die Vermischung mit nicht zu entfernenden und nicht auf natürlichem Wege abbaubaren Stoffen ist eine Kreislaufbarkeit von Kompostmaterialien nicht gegeben.

#### Holz

Balken aus Tragwerken wie auch Holz aus dem Innenausbau sind für den Rückbau und Wiederverwendung sehr gut geeignet, jedoch sollte folgendes beachtet werden:

- Sichtprüfung der Holzbalken auf Pilze und Würmer
- Ggf. eine Prüfung auf giftige Holzschutzmittel veranlassen
- Die Demontage unbedingt durch Fachleute ausführen lassen (Einsturzgefahr)
- Vor der Wiederverwendung auf alte Nägel prüfen

#### Innentüren

Ihre Formstabilität und die genormten Türmaße machen die Wiederverwendung in anderen Gebäuden grundsätzlich einfach, jedoch können Probleme beim Ausbau der Zargen auftreten, wenn diese – wie oft bei älteren Gebäuden der Fall – eingeguss sind oder wie heute oft üblich mit Bauschaum befestigt worden sind, wodurch eine zerstörungsfreie Bergung erschwert wird. Dann kann aber zumindest das Türblatt geborgen werden und in vorhandene oder neue Zargen eingehängt werden.

#### Parkett

Parkettböden können durch ihre feste Verlegung teilweise schwer abgebaut werden.

Vorsicht bei schwarzen Kiefern! Bei Böden von 1950 bis 1970 können die Bretter in einer kreosotartigen tier- und bitumenhaltigen Klebemasse verlegt sein (bsp. physikalische aromatische Kohlenwasserstoffe = PAK). Dann ist eine Sondermüllentsorgung durch eine Fachfirma erforderlich.

#### Fossile Materialien

Fossile Materialien sind wie die biotischen Materialien organischen Ursprungs, sind aber infolge von Umwandlungsprozessen verändert worden. Das heute gewonnene Erdöl entstammt zum größten Teil der Umwandlung von als Sedimenten abgesunkenen abgestorbenen Meereskeinstlebewesen und Algen unter Sauerstoffabschluss, hohen Temperaturen und großen Drücken. Das durch Tiefbohrungen geförderte Erdöl dient als Ausgangsbasis für Produktion petrochemischer Produkte wie den äußerst langlebigen Kunststoffen. Anders als die biotischen Stoffe unterliegen fossile Materialien keinem natürlichen Zersetzungsprozess wie der Verrottung, sondern können in den Kohlenstoffzyklus in der Regel nur über die Verbrennung, Fotosynthese und Einlagerung in pflanzliche Materialien, d. h. in den biotischen Zyklus zurückgelangen. Die Jahrmillionen andauernde Bildung von Erdöllagerstätten überschreitet menschliche Zeitskalen, womit es sich bei fossilen Materialien um für die Menschheit endlich verfügbare Materialien handelt. Das Nutzungspotenzial von Kunststoffen ist je nach Einsatz und Zusammensetzung (z. B. Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyurethan (PU), Polyvinylchlorid bzw. Vinyl (PVC), Polyethylenterephthalat (PET), Elastomere, Thermoplaste, Duroplaste) sehr unterschiedlich ausgeprägt, generell können Kunststoffprodukte aufgrund ihrer Langlebigkeit wiederverwendet werden, de facto erschweren bspw. Verbindungsmethoden wie Verklebungen und deren Anhaftungen eine weitere Verwendung. Eine stoffliche Verwertung führt zu einer geringeren Qualität des Recyclingnährstoffes gegenüber dem Ausgangsstoff. Typische Baumaterialien fossilen Ursprungs sind Kunststofffenster, Dämmplatten aus Polystyrol oder Polyurethan, Acrylglas oder Bitumenprodukte.



6.30 Gebohrte Kunststofffenster



6.31 Ausgelagerte Kunststofffenster

Abb. 80: Baustoffe und ihr Wiederverwendungspotenzial (Auszug aus dem Handbuch; eigene Darstellung)

Zur Gruppe der fossilen Materialien aus dem technischen Kreislauf gehören die mineralölbasierten Produkte, v. a. Kunststoffe, eignen sich dank ihrer Langlebigkeit zur Wiederverwendung, sind jedoch in ihrer Rezyklierfähigkeit stark eingeschränkt und durchlaufen meist einen Downcyclingprozess. Bei den mineralischen Materialien (Beton, Ziegel) wird aufgrund der jeweils starken Festigkeit oder Brüchigkeit und der Haftfähigkeit von Mörteln und Klebern auf die starke materialspezifische Wiederverwendungsfähigkeit hingewiesen. Metallischen Stoffen wird eine gute Wiederverwendungs- und Rezyklierfähigkeit beschieden, was Bauprodukte aus Metallen zu geeigneten Re-Use-Materialien macht.

Der Abschnitt ‚Was steckt in unseren Gebäuden?‘ behandelt die baukulturellen und baukonstruktiv-technischen Besonderheiten der Wohnhäuser der Projektregion Darmstadt/Darmstadt-Dieburg. Es werden im Folgenden fünf Haupt-Wohnhaustypen aus der Region aus verschiedenen Epochen typologisch und baukonstruktiv beschrieben: das Fränkische Ernhaus, der Drei- und Vierseithof (Hofreite), das Gründerzeithaus, das Heimatstilhaus und das Ein- und Mehrfamilienhaus der Nachkriegszeit, die jeweils für eine bestimmte räumliche Verbreitung in der Region, spezifische Baumaterialien und Konstruktionsweisen sowie, daraus abgeleitet, eine unterschiedliche Wiederverwendbarkeit ihrer Baumaterialien stehen.

Während es bei den Ernhäusern und bei den Hofreiten aus Eichenholzfachwerk vor allem die konstruktiven Holzbauteile wie Dachstuhl, Decken, Außen- und Innenwände sowie Holztreppen sind, aber auch in geringerer Menge Natursteinplatten und -mauerwerk, Dachziegel aus Ton oder Fenster- und Türen, die für einen erneuten Einbau in Frage kommen, liegt der Anteil der mineralischen Materialien bei den gründerzeitlichen Wohnhäusern und den Häusern des Heimatstils aus massivem Mauerwerk deutlich höher. Vor allem eignet sich hier, sofern vorhanden, das leicht zu lösende Mauerwerk aus Backsteinen oder Natursteinen. Eichenholz findet sich dort vorwiegend im Dachstuhl und in den Geschossdecken, hier können vor allem Dielen- und Parkettböden für eine Wiederverwendung in Betracht kommen. Bei der Gruppe der Nachkriegshäuser ist anzumerken, dass der Anteil an wiederverwendbaren Materialien aufgrund industrieller Herstellung, neuer Kompositmaterialien und neuer

Verbindungstechniken unter Zuhilfenahme von Klebern und Kunststoffen geringer ausfällt. Hier sind es vor allem Bauprodukte des Innenausbau wie Bodenbeläge aus Naturstein oder Parkett, Holztreppe, Fensterbänke, Fenster, Türen und Tore oder Objekte des technischen Ausbaus wie Heizkörper oder Sanitärkeramik.

Anhand von Außendarstellungen und Schnitten durch ein fiktives, jedoch in der Projektregion häufig vorkommendes typisches Fachwerkhaus aus der Zeit vom Mittelalter bis zur Industrialisierung sowie durch ein durchschnittliches fiktives Nachkriegshaus werden die Parallelen und Unterschiede in Konstruktion und Materialität anschaulich und niederschwellig im Anschluss auf mehreren Seiten visualisiert (siehe Abb. 81). Dies wird ergänzt durch Materialangaben und eine Beschreibung der Wiederverwendungsmöglichkeiten sowie der Risiken bei Ausbau und der weiteren Verwendung wie bspw. potenzielle Schadstoffe, Bruchgefahr oder das Erfordernis einer statischen Prüfung vor dem Rückbau.

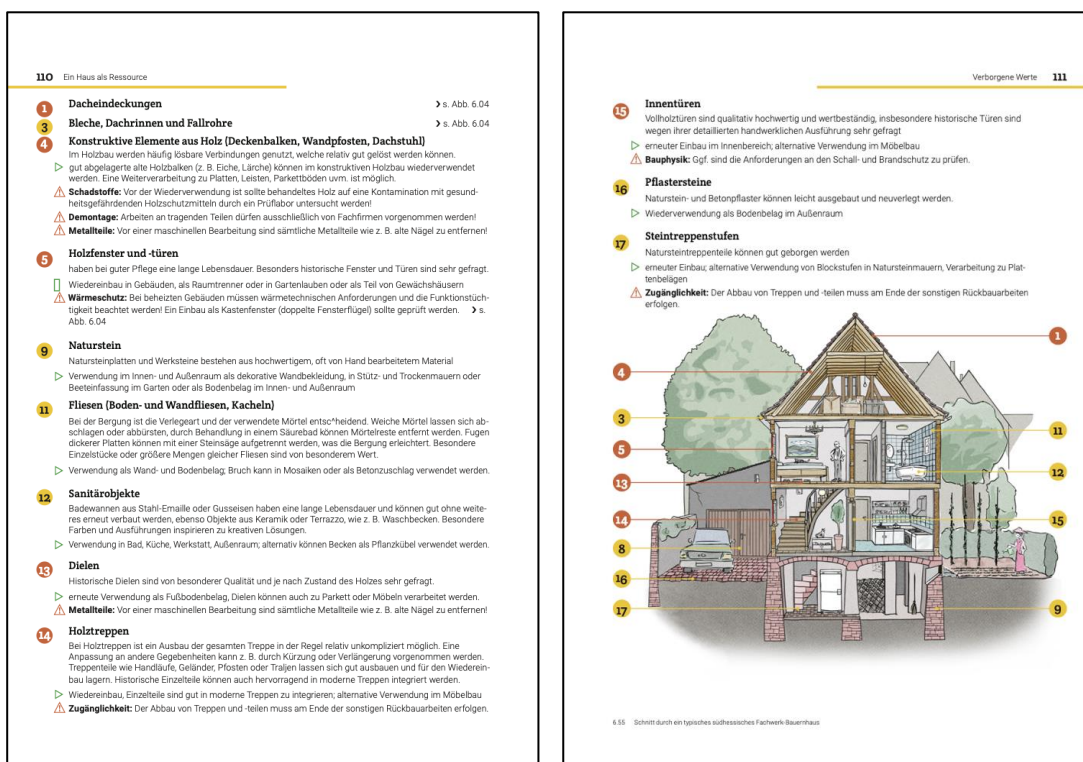


Abb. 81: Wohnhäuser der Projektregion und ihre typischen Baumaterialien (Auszug aus dem Handbuch; eigene Darstellung)

Zum Abschluss des Kapitels werden verschiedene häufig vorkommende Baumaterialien steckbriefartig hinsichtlich ihrer Wiederverwendbarkeit beschrieben. Hierzu gehören Waschbecken, verschiedene Fenster und Türen, Bodenbeläge oder Dachziegel. Anhand von Diagrammen wird der ökologische Fußabdruck, welcher aus dessen Produktion herrührt, aufgeführt. Die Angaben basieren auf den Daten der Plattform ÖKOBAUDAT des deutschen Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) sowie auf der Datenbank des Ökologischen Bauteilkatalogs des Österreichischen Instituts für Baubiologie und Bauökologie (IBO). Sie beinhalten das verursachte CO<sub>2</sub>, die aufgewendete Produktionsenergie und das für die Herstellung benötigte Wasser. Dies ermöglicht es, der Leserschaft in einen Überblick darüber zu verschaffen, welche schädlichen Umweltwirkungen durch die Verwendung eines gebrauchten Produktes anstelle eines Neuen vermieden werden können. Die Angabe der Produktlebensdauer dient der Abschätzung, ob ein spezielles Bauprodukt für einen Wiedereinbau aus funktionalen und wirtschaftlichen Gründen lohnt. Für eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung wird als weitere Hilfe auf den Materialertragsrechner auf der Projektwebseite verwiesen, der mittels QR-Codes auf mobilen Endgeräten aufgerufen werden kann.



---

## **VI. Im Gespräch mit Martin Führ**

Der Technikjurist und Hochschulprofessor Dr. iur. Martin Führ äußert sich im folgenden Kapitel im Gespräch zu den Hemmnissen und Möglichkeiten der Wiederverwendung aus rechtlicher Sicht. Er erläutert hierbei die Zusammenhänge zwischen Abfallrecht, Baurecht, Strafrecht und Produktrecht und die Verknüpfung von europäischem und nationalem Recht. Prof. Dr. Führ nimmt Stellung zu den häufig gegenüber Gebrauchtbaustoffen geäußerten Vorbehalten wie dem Produkthaftungsrisiko und der Schadstoffproblematik und bietet Lösungswege für eine aus juristischer Sicht einwandfreie wie auch praktikable Umsetzung von Geschäftsmodellen für Gebrauchtmaterialien an.

## **VII. Werterhaltung von Baumaterialien. Ausbau, Lagerung und Wiederverwendung**

Das siebte Kapitel gibt Hilfe dabei, wie die Bürgerinnen und Bürger ein Wiederverwendungs-Bauprojekt umsetzen können. Schritt für Schritt werden die Möglichkeiten und Grenzen des Ausbaus, der Lagerung und des Verkaufs aufgezeigt.

Dies beginnt bereits bei der sorgsamsten Bestandsaufnahme und der Erstellung eines Rückbaukonzeptes inklusive der Festlegung der Entsorgungswege vor dem Ausbau von Materialien. Im Abschnitt ‚Schritte des Rückbaus – Ein Gebäude wiederverwenden‘ wird der Ablauf zur Erfassung und Demontage von Baumaterialien chronologisch durchgegangen: Zu Anfang sollte zunächst eine Zustandsüberprüfung sowie eine Sichtprüfung auf typische möglicherweise schadstoffbelastete Materialien durchgeführt werden, um diese ggf. gesondert auszubauen und einer Beseitigung zuzuführen. Vor der Demontage des Innenausbaus sollten im nächsten Schritt alle beweglichen Inneneinrichtungsobjekte sowie Türen und Fenster entfernt werden. Spätestens nach dem Ausbau der raumauskleidenden Baumaterialien und der technischen Gebäudeausrüstung muss für den Rückbau der konstruktiven Gebäudebestandteile wie Dächer, Decken und Wände ein Fachbetrieb des Abbruchgewerbes und ggf. eine Fachplanung für Baustatik hinzugezogen werden. Für den Rückbau des Rohbaus und die Gewinnung seiner Baumaterialien ist in der Regel technisches Gerät wie Gerüste, Kräne oder Bagger erforderlich. Nicht verwendbare Baustoffe sollten gemäß der Abfallhierarchie des KrWG verwertet oder beseitigt werden.

Damit ein allgemeines Verständnis für die Notwendigkeit der Materialwiederverwendung und des Recyclings sich beim Bauen und Rückbauen durchsetzen kann, sind alle am Bau beteiligten Berufsgruppen gefragt. Eine besondere Rolle fällt den Architekt:innen zu, die über die Wahl der Konstruktionsart und Materialien bereits eine spätere Verwendbarkeit mitplanen können. Doch auch beim Bau mit gebrauchten Materialien muss hinsichtlich der Verfügbarkeiten und Maßabweichungen mit der nötigen Aufmerksamkeit und hoher Flexibilität geplant werden. Das Handbuch empfiehlt daher, mit Expert:innen und Praktiker:innen in Kontakt zu treten und deren Rat einzuholen sowie persönliche Erfahrungen auszutauschen. Wenn möglich, sollten Netzwerke gebildet werden, um gegenseitige Lernprozesse und eine Professionalisierung in Gang zu bringen.

Bürger:innen, welche im Rahmen von Umbau- oder Abbruchvorhaben planen, Baumaterialien zu bergen und für eine weitere Verwendung zur Verfügung zu stellen, können sich anhand einer Checkliste orientieren. Umfassende Information können parallel dem Leitfaden für die Einbindung von Immobilieneigentümer:innen (siehe Kapitel 4.3) entnommen werden. Es wird ebenfalls empfohlen, sich mit Fachleuten in Verbindung zu setzen, sofern ein materialschonender Ausbau schwierig erscheint oder ein statisch-baukonstruktiver Eingriff erfolgt. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass Bauherr:innenschaften, die einen Gebäudeabbruch planen, einen Abbruchartrag bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde stellen müssen. Sind Schadstoffe in den Abbruchmaterialien zu erwarten, ist ein Entsorgungskonzept bei der Abfallbehörde einzureichen.

---

Beim Einbau von gebrauchten Materialien wird empfohlen, zu prüfen, ob heutige technische Standards eingehalten werden können oder ob die einwandfreie Funktion gegeben ist. Dies ist insbesondere bei statisch relevanten Bauteilen, beim Wärmeschutz (z. B. bei Fenstern und Türen) sowie bei technischen Einbauten (z. B. Heizkörpern) der Fall.

Der Handel mit gebrauchten Baumaterialien unterliegt zwar generell den gleichen Voraussetzungen wie der sonstige Handel mit Secondhand-Waren, jedoch sind viele Fragen im Vorfeld zu klären, wie z. B. zu statisch-konstruktiven Bauteilen, zu energetischen Kennwerten, zu möglichen Schadstoffbelastungen, bei denen es darauf ankommt, dass ein grundlegendes Wissen bei den Käufer:innen bzw. Anwender:innen oder Planer:innen vorhanden ist. Im Handbuch wird darauf hingewiesen, dass die Bauteil-Plattformen in physischer oder virtueller Form geeignete Anlaufstellen sind, um sich zu informieren, eigene Erfahrungen und Wissen weiterzugeben, sich zu vernetzen, um Gebrauchtmaterialien einem interessierten Kundenkreis anbieten zu können oder Baumaterialien zu erwerben. Da es verschiedene Modelle von Bauteilplattformen, Bauteilbörsen oder Shops von Händlern historischer Baustoffe gibt, werden im Buch verschiedene Modelle beispielhaft unter Abwägung der Vor- und Nachteile vorgestellt, so z. B. die physische Bauteilbörse Herzogenrath, das privatwirtschaftliche Unternehmen restado mit seiner Internet-Handelsplattform oder etwa die von einem Verein getragene Bauteilbörse in Bremen.

### **VIII. Bauteilkreislauf. Möglichkeiten der Vernetzung**

Da eine Verstetigung des Projektes und ein messbarer Erfolg in Bezug auf die Ressourcenschonung letztlich nur möglich ist, wenn sich viele Akteure ihrer Verantwortung bewusst sind, gemeinsam und auf Augenhöhe nach Lösungswegen und Umsetzungsmöglichkeiten suchen und sich aktiv in der Region engagieren, wird im achten Kapitel auf die im Rahmen dieses Projektes ins Leben gerufene digitale Plattform ‚Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg‘ hingewiesen, welche unter [www.bauteilkreislauf-dadi.de](http://www.bauteilkreislauf-dadi.de) abgerufen werden kann (siehe Abb. 82). Ziel dieses Angebotes ist es, Impulse, Anregungen, Hilfestellungen und weiterführende Informationen zur Wiederverwendung von Baumaterialien zu geben sowie Kontakte zu lokalen Fachleuten mit Erfahrungen im Bereich des Bauens mit Gebrauchtmaterialien herzustellen. Über dieses Internetpräsenz sowie über die Projektwebseite [www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de) können auch der als Teil dieses Weiterbildungspaketes konzipierte Materialertragsrechner und die Tabellen für potenziell in Altmaterialien vorhandene Schadstoffe genutzt werden. Auch können über die Seite des Bauteilkreislaufs – wie bereits zuvor beschrieben – vorbildhafte Beispiele eingestellt und angeschaut werden sowie über die dortige Materialbörse Baumaterialien gehandelt werden.

Im Weiteren wird der Hinweis auf das lokale Erstberatungsangebot des Bauteilkreislaufs zum Thema Wiederverwendung gegeben, das während der Projektlaufzeit nach telefonischer Vereinbarung in der Außenstelle Dieburg des Landratsamtes Darmstadt-Dieburg wahrgenommen werden konnte. Interessierte Eigentümer:innen von Immobilien erhalten hier Informationen zur Bereitstellung von Materialien (Rückbau und Demontage) sowie Bauwillige zur weiteren Verwendung von gebrauchten Bauprodukten. Nach der Beratung findet auf Wunsch und in Absprache mit den allen Beteiligten eine Weitervermittlung an Kontakte aus dem regionalen Netzwerk zur Wiederverwendung statt. Die Weiterleitung an Expert:innen in der Region und über die Region hinaus dient hierbei bewusst der Vergrößerung der in Ansätzen vorhandenen Netzwerke. Nach Ablauf der Projektlaufzeit können die Beratungsangebote aufgrund fehlender personeller und finanzieller Ressourcen nicht fortgeführt werden, das Handbuch steht jedoch weiterhin zur Verfügung.

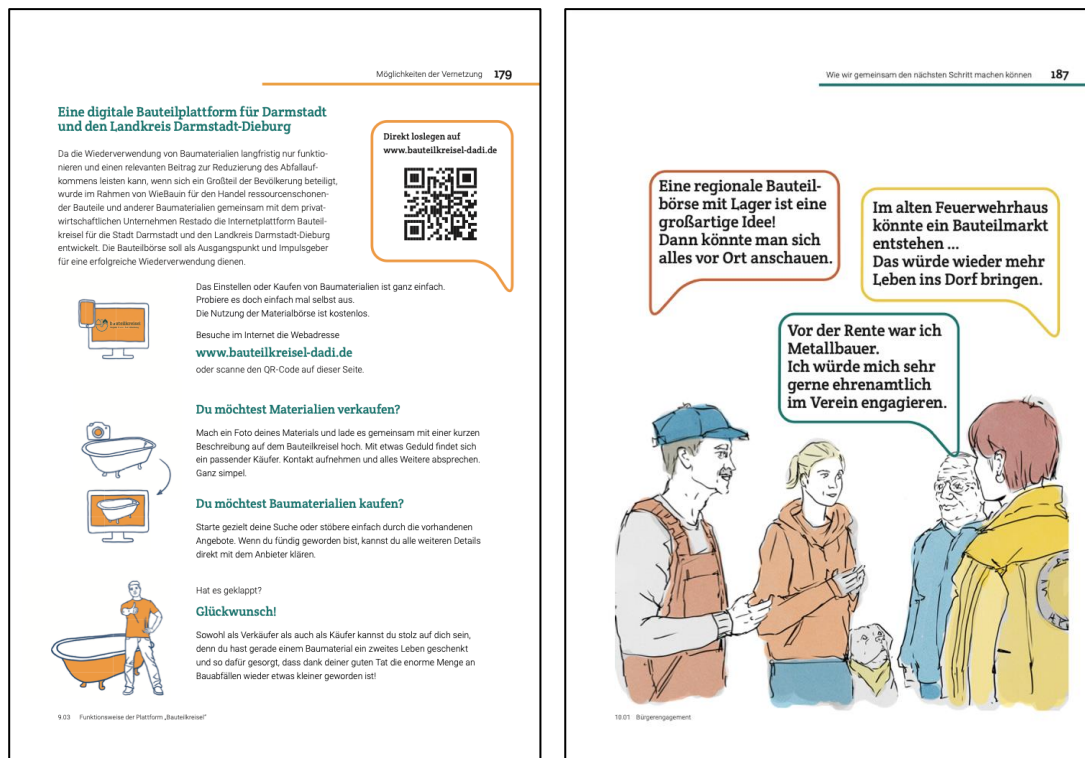


Abb. 82: Hinweise auf die digitale Plattform und Anregungen zur Projektverstetigung (Auszug aus dem Handbuch; eigene Darstellung)

## IX. Ausblick. Wie wir gemeinsam den ersten Schritt machen

Im letzten Kapitel wird ein Blick in die Zukunft gewagt. Es geht hierbei darum, auf mögliche Formen einer Verstetigung bzw. Weiterentwicklung des Projektes durch die Bürgerschaft, Vereine oder die öffentliche Hand in der näheren und fernerer Zukunft hinzuwirken.

Gegenwärtig bestehen bei nahezu allen relevanten Akteursgruppen noch teils faktische, teils lediglich wahrgenommene Hindernisse rechtlicher, organisatorischer, logistischer oder finanzieller Art, welche einer breiteren Akzeptanz der Wiederverwendung in der Gesellschaft im Wege stehen. Dies erfordert ein Umdenken des Einzelnen und wie auch der Gesellschaft, insbesondere auch auf politischer und berufspolitischer Ebene (vgl. Ausbildung von Architekt:innen, Ingenieur:innen und Handwerker:innen). In diesem Kapitel des Handbuches werden folgende Handlungsfelder benannt, auf denen ein Bewusstseinswechsel seitens der Entscheidungsträger stattfinden muss:

1. Wertschätzung vorhandener, älterer Bausubstanz und Ihrer handwerklichen und materialspezifischen Qualitäten,
2. Veränderung der der Planungskultur in Richtung von Beständigkeit, Monomaterialität von Bauteilen, lösbare Verbindungstechniken, Rückbaufähigkeit und Nachnutzung von a) Gebäuden (Adaptivität) und b) Materialien (Re-Use, Recycling),
3. Schaffung von professionellen Vermarktungsstrukturen,
4. Akzeptanz und Bereitschaft von Bauherr:innenschaften (siehe hierzu auch das Thema der Diskriminierung von RC-Baustoffen durch die öffentliche Hand – siehe Kapitel 4.7.2) zugunsten von Gesundheit, Umwelt-, Klima und Ressourcenschutz eventuelle anfängliche Mehrkosten zu tragen, die sich auf lange Sicht amortisieren können, z. B. durch einfachere Wartung, geringere Entsorgungskosten, Weiterverkauf der Baustoffe,
5. Verbesserte Information der Allgemeinheit und Veränderung der Ausbildungsinhalte an Universitäten, (Fach-)Hochschulen sowie berufsbildenden Schulen.

- 
6. Von enormer Wichtigkeit ist auch die Interdisziplinarität durch die Zusammenarbeit unterschiedlichster Akteur:innen mit vielfältigem Wissen und Können.

Gerade der ländliche Raum schafft aufgrund der seiner räumlichen Übersichtlichkeit und seiner Gemeinschaften, - seiner vergleichsweise hohen sozialen Integration seiner Bewohner:innen, der oftmals intakten Vereinsstrukturen, den vorhandenen Tradition und dem sehr oft vorhandenen technischen und organisatorischen Könnens seiner Bewohner:innen – gute Voraussetzungen, um das Thema einer Wende in Richtung zu mehr Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft und zu mehr Ressourcenschutz im eigenen Interesse leisten zu können. Für die zukünftigen Herausforderungen ist der ländliche Raum tendenziell gut aufgestellt, wenn insbesondere das soziale Kapital durch soziales, ökologisches und bürgerschaftliches Engagement genutzt werden kann. Dies kann sowohl im ehrenamtlichen Engagement in Vereinen münden, als auch in der Gründung von beruflichen Existenzen auf Basis nachhaltiger und tragfähiger Geschäftsmodelle. Der Anstieg der Immobilienpreise in den Ballungsräumen führt gegenwärtig zu einer erhöhten Nachfrage nach Wohnraum gerade in ländlichen Gebieten. Im Sinne eines Schutzes der Ressource Land, d. h. von Wiesen, Acker- und Waldböden sowie wie in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der technischen Infrastrukturen wird diese Herausforderung nicht ohne Thema der Innenentwicklung zu bewältigen sein, was heißt, dass freie Bauflächen in den Ortskernen aktiviert, leerstehende erhaltenswerte Immobilien umgenutzt und dass nicht mehr nutzbare Bausubstanz ersetzt werden müssen. Es wird daher im Handbuch nachdrücklich die Empfehlung gegeben, zukünftig bei anfallenden Baumaßnahmen eine Wiederverwendung in Betracht zu ziehen und dies als einen positiven Beitrag über den Umweltschutz hinaus auch zur Stärkung der regionalen Baukultur, zur örtlichen Gemeinschaft und zum Erhalt der Heimat und ihrer Lebensgrundlagen zu verstehen.

Das Handbuch schließt mit Hinweisen auf weiterführende Literatur zur Materialwiederverwendung. In den dort aufgeführten Schriften werden alle relevanten Themen in fachlicher Hinsicht in aller Ausführlichkeit behandelt.

#### **4.6.2 Materialertragsrechner**

Ergänzend zum Handbuch (Leitfaden als Nachschlagewerk) ist im Weiterbildungspaket für Bauherr:innen und Architekt:innen die Entwicklung eines datenbankbasierten Weiterbildungstools vorgesehen, das interessierten Anwender:innen bei der Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Baumaterialwiederverwendung grundlegende Informationen liefern kann.

##### **Ansatz**

Damit bereits gebrauchte Materialien in den Wiederverwendungskreislauf zurückgeführt werden, ist es sinnvoll, Eigentümer:innen nicht erhaltensfähiger Immobilien, die als potenzielle Quellen wiederverwendbarer Baumaterialien in Frage kommen, mittels unterstützender interaktiver Angebote wie bspw. Software-Tools zur Rettung noch verwendbarer, funktionstüchtiger und/ oder kunsthandwerklich oder historisch wertvoller enthaltener Baumaterialien zu motivieren. Der Verkauf und die Wiederverwendung von Bauteilen stellen in Deutschland noch keine gängige Praxis dar. Das erschwert es Hauseigentümer:innen, welche sich für die Wiederverwendung von Bauteilen interessieren, einzuschätzen, wie hoch der monetäre Wert ihrer zu verkaufenden Komponenten ist.

Um den Markt auf der Anbieterseite zu vergrößern, sollten systematische Mappings erfolgen und potenzielle Anbieter, d. h. Eigentümer:innen von zum Abbruch anstehenden Gebäuden, über die Vorteile der Ressourcenschonung und die Vermarktbarkeit wiederverwendbarer Bauteile aufgeklärt werden. Auch ein geringer finanzieller Erlös aus einem Weiterverkauf von Materialien, mit dem bspw. die Abbruch- und Entsorgungskosten für Gebäude gegenfinanziert werden können, stellt einen starken Anreiz für viele Menschen dar. Damit kann u. U.

eine größere Wirkung erzielt werden als lediglich durch den Appell an das ökologische Gewissen der Menschen und durch das Aufzeigen der positiven Effekte der Abfallvermeidung.

Um einen Ausgangswert bereitzustellen, auf Basis dessen die Verkäufer einen Preis festlegen können, sah das Weiterbildungspaket für Bauherr:innen und Architekt:innen neben dem Handbuch (Leitfaden als Nachschlagewerk) die Entwicklung eines datenbankbasierten Weiterbildungstools vor, das interessierten Anwender:innen Auskünfte bzgl. der Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Baumaterialwiederverwendung liefern kann. Adressat:innen dieses Materialertragsrechners, der im Projektantrag als Weiterbildungstool beschrieben wird, sind neben Eigentümer:innen von zum Abbruch stehenden Gebäuden bzw. die bereits verbaute Bauprodukte infolge von Umbau- oder Sanierungsmaßnahmen zur Verfügung stellen auch Architekt:innen und das Abbruchgewerbe als Beauftragte der Bauherr:innenschaften.

Ob sich ein Ausbau und ein Verkauf von Materialien für Eigentümer:innen eines zum Abbruch stehenden Gebäudes finanziell lohnt, soll in Abhängigkeit vom Kenntnisstand mittels der Eingabe möglichst weniger Daten grob überschlagen werden, indem die Materialmengen in Kubikmetern bzw. Stück errechnet werden und mit den durchschnittlichen Verkaufspreisen von Gebrauchtmateriabörsen im Internet verknüpft werden. Im gleichen Zug soll auf Basis der kalkulierten Materialmengen der positive Umwelteffekt einer möglichen Wiederverwendung abgebildet werden. Sind Bauteile und -materialien vorhanden, welche häufig mit Schadstoffen wie z. B. Holzschutzmitteln kontaminiert sein können, sollte über die Nutzung des Tools eine entsprechende Warnung ausgegeben werden. Nach Auswertung der Nutzereintragen in der Eingabemaske werden die für das betreffende Wohnhaus typischen Baumaterialien und die dazugehörigen Informationen tabellarisch dargestellt. Einbezogen im Tool sind die als wiederverwendbar und marktgängig identifizierten Materialien aus den Kategorien Baukonstruktion (darunter fallen Wände, Decken sowie Dächer), Türen, Fenster, Treppen, Böden, Heizung, Sanitär sowie Außenbereich.

Es handelt sich beim Materialertragsrechner um ein internetbasiertes Weiterbildungstool, das auf einer Tabellenkalkulation aufbaut (siehe Abb. 83, links).

Das Tool und ein ergänzendes Schadstoffverzeichnis wurden auf der Internetpräsenz des Bauteilkreisels für die Öffentlichkeit bereitgestellt. Eine verlinkte Videoerläuterung, die die Nutzung des Materialertragsrechners Schritt für Schritt erklärt, hilft den Nutzer:innen bei der Eingabe (<https://youtu.be/jWaR2PXliUQ>) (siehe Abb. 83, rechts). Implementiert wurde zusätzlich eine Feedback-Funktion, welche den Nutzer:innen die Kontaktaufnahme ermöglicht, um Anregungen und Verbesserungsvorschläge zu fördern.

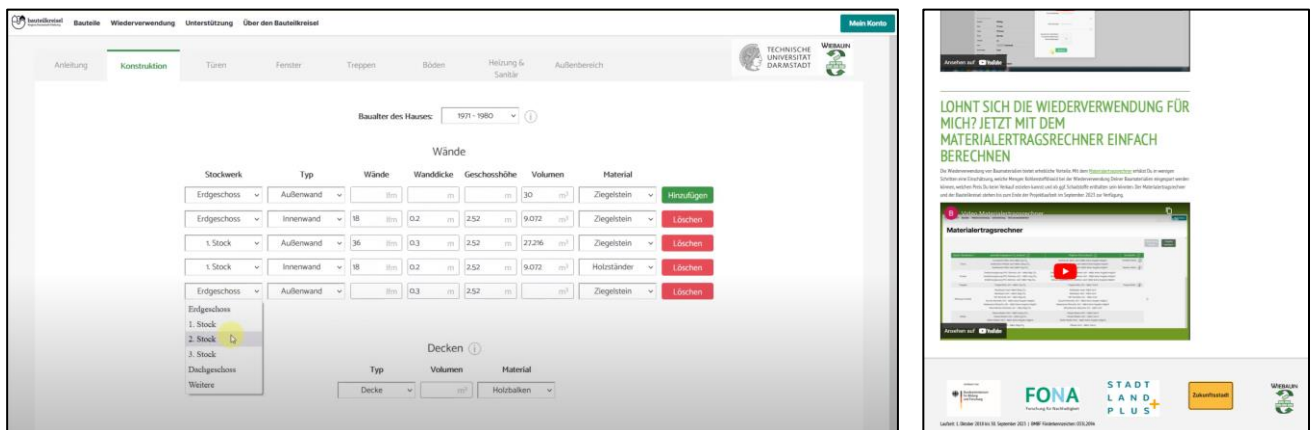


Abb. 83: Eingabemaske des Materialertragsrechners und Zugriffsmöglichkeiten auf den Materialertragsrechner mit Videotutorial auf der Projektwebseite (eigene Darstellung)

---

## Vorgehen

Neben der Aufgabe, eine solide Datenbasis für die Berechnung erwartbarer Materialmengen aufzubauen, bestand die Herausforderung darin, über möglichst wenige, einfache Eingaben seitens der Nutzer:innen zu aussagekräftigen Angaben über die zu erwartende Baustoffmenge zu gelangen und dabei ggf. komplexe Gebäudegeometrien abzubilden. Die Abfrage umfasst je nach Kategorie das Material und die Anzahl oder die Höhe, Breite und/oder Fläche sowie den Herstellungszeitraum der eingegebenen Baumaterialien. Werden jedoch weitere Angaben von den Nutzer:innen verlangt, steht zu befürchten, dass dies zu einem hohen zeitlichen Aufwand, zu einer hohen Komplexität und zu einer Überforderung der Nutzer:innen führt, deren individuelle Frustrationstoleranz schwer einzuschätzen ist. Um dennoch eine gute Akzeptanz bei den Immobilieneigentümer:innen – in der Regel Laien – sicherstellen zu können, ist eine leichte Bedienbarkeit des Tools von hoher Wichtigkeit. Dies bringt eine Vereinfachung durch gröbere Ausgangswerte bei der Kalkulation der Materialmengen und den damit verbundenen Informationen mit sich, was jedoch in Anbetracht des Zweckes des Tools und seiner grundsätzlichen Aussagekraft akzeptabel ist, soll doch der Materialertragsrechner Anhaltspunkte zur Wirtschaftlichkeit der Wiederverwendung und den Umweltwirkungen liefern.

Es galt dabei im Vorfeld zu analysieren, welche die notwendigen Ein- und Ausgabegrößen und Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Erhebungsquellen, -mengen und -einheiten bestehen und welche Genauigkeit durch ein tabellenbasiertes Tool erreicht werden kann. Da davon ausgegangen werden muss, dass Laien nur über relativ geringes Wissen bzgl. der in ihrem Gebäude verbauten Materialien und ihrer Mengen und Abmessungen verfügen und dass auch fachlich versiertere Nutzer:innen meist nur unter großem Aufwand (wie z. B. einer exakten Bauaufnahme) detailliertere Werte angeben können, wurde das Tool so konzipiert, dass übliche Mengen, Maße und Stückzahlen für Baumaterialien für die jeweiligen Gebäudebauklassen als Standardwerte bereits voreingetragen sind. Diese Werte, wie z. B. die Anzahl von Fenstern, ergeben sich aus der Mengenabschätzung wiederverwendbarer Baumaterialien anhand von Gebäuderepräsentanten (s. u.). Die Nutzerinnen und Nutzer des Tools können so im Materialertragsrechner anhand voreingestellter bauklassenspezifischer Maße und Kennzahlen für ihren Gebäudetyp eine Übersicht zu möglichen Verkaufserlösen und den Umweltwirkungen erhalten.

In Abhängigkeit von der fach- und detailbezogenen Kenntnis des betreffenden Gebäudes können die Standardwerte entsprechend angepasst und verfeinert werden, sofern die den Materialertragsrechner nutzenden Personen über genaue Angaben zu ihrem Gebäude verfügen, z. B. aufgrund des Vorhandenseins von Bauplänen. Um stärker detaillierte Ergebnisse zu erhalten, können die vorausgefüllten Werte ohne weiteres überschrieben werden, damit auf Basis der präziseren Angaben eine Neuberechnung durch das Tool durchgeführt werden kann.

## Datengrundlage für die Standardwerte

Die erforderlichen Basisdaten für den Materialertragsrechner wurden im Rahmen der Forschungsarbeit ermittelt (vgl. Kapitel 4.1), in der gemeindespezifischen Baumaterialdatenbank als gemeindespezifische durchschnittliche Materialgehalte pro Gebäude einer Bauklassenklasse (a – synthetisches Gebäude) zusammengefasst (vgl. Kapitel 4.2) und mit der Schadstoffdatenbank (Kilb 2020) verknüpft (siehe Abb. 84).

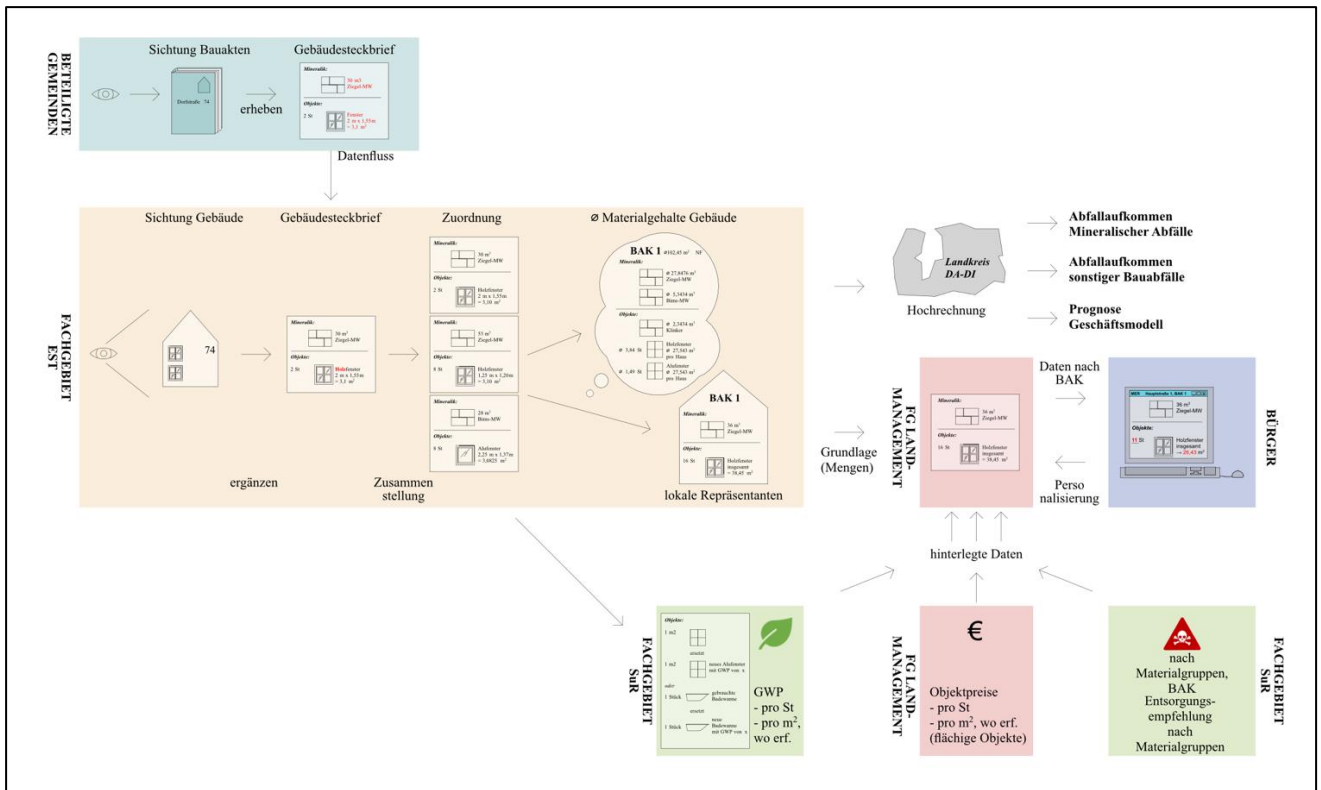


Abb. 84: Herleitung der Standardwerte und Verwendung der Daten im Projekt (eigene Darstellung)

Aus Gründen der Benutzerfreundlichkeit sind bereits Standarddaten im Materialertragsrechner implementiert. Durch die Auswahl der Baualtersklasse des Hauses werden automatisiert typische Bauteile den verschiedenen Kategorien in der erhobenen Anzahl und mit den als typisch identifizierten Materialien zugeordnet, und den Nutzer:innen so die manuelle Eingabe und Auswahl erleichtert.

Für die Abbildung des Gebäudebestands wurden die Baumaterialien von insgesamt 144 Gebäuden in sechs Gebäudealtersklassen à zwölf Gebäude in den beiden Projektgemeinden tabellarisch erfasst (siehe Kapitel 4.2.). Diese 72 Gebäude pro Gemeinde formen den Datengrundstock sowohl für die Hochrechnung der in den nächsten Jahren erwarteten Abbruchtätigkeit in Bezug auf das Geschäftsmodell (siehe Kapitel 4.4), als auch für den Materialertragsrechner und bilden aufgrund der Unterschiedlichkeit der Haustypologien die nördliche und südliche Landkreisregion gut ab, sodass sich auf die Teilregionen des Kreises bezogene Durchschnittswerte für die Materialgehalte ableiten lassen (sog. synthetische Gebäude), welche aber im Rahmen des Materialertragsrechners nicht ohne Weiteres übernommen werden können. Grund hierfür sind einerseits die nicht ganzzahligen Ergebnisse, welche bei der arithmetischen Mittelung der Werte entstehen (z. B. 0,358 Holzfenster), andererseits die sich zu einer realistischen Gebäudekubatur unplausibel verhaltenden Materialarten und -mengen, die darauf beruhen, dass die Baumaterialien in keinem logischen Bezug bzw. einer direkten Abhängigkeit zu- und voneinander stehen (z. B. durchschnittlich ein Dachflächenfenster pro Gebäude bei hauptsächlich Flachdachgebäuden oder i. d. R. zwei Treppen bei Eingeschossigkeit). Daher sind sowohl das arithmetische Mittel, der Median als auch die direkte Übernahme der maximalen Massen für die Verwendung als Standardwerte nicht geeignet.

### Gebäuderepräsentanten

Um zu realistischen Größenverhältnissen und Werten zu kommen, bedarf es anstatt der Verwendung der Werte der synthetischen Gebäude des Zwischenschrittes über sog. Gebäuderepräsentanten, die jeweils für eine spezifische Baualtersklasse in einem Ort stehen (siehe Abb. 85). Sie sollen den Nutzer:innen eine Vorstellung davon

geben, mit welchen Mengen und Materialien in unterschiedlichen Baualtersklassen gerechnet werden kann. Infolge der Strukturierung der Repräsentanten in Baualtersklassen werden auch für den Herstellungszeitraum die Unterteilung in Baualtersklassen zur Unterteilung herangezogen. Dies ermöglicht die Zuordnung der Baumaterialien zum Bualter des Hauses, wenn ein Repräsentant zum Ausfüllen des Tools verwendet wird.

Die Repräsentanten bzw. Typenhäuser (sechs pro Gemeinde) enthalten die für die jeweilige Baualtersklasse meistverbaute Materialien in realistischen Bezugsmengen. Hierzu wurden auf Basis der tabellarisch erfassten Stichproben architektonische Musterentwürfe erstellt, die die örtlichen Gegebenheiten und Charakteristika berücksichtigen. Für die Herleitung der Repräsentanten wurden die jeweils meistverwendeten Baumaterialien und die Gebäudeabmessungen aus den beiden gemeindespezifischen Baumaterialdatenbanken für Otzberg und Münster (Hessen) (vgl. Kapitel 4.2.3) entnommen und mit tatsächlich vorhandenen Gebäuden der jeweiligen Baualtersklasse vor Ort in den Projektgemeinden unter der Zuhilfenahme von Begehungen und Fotografien verglichen. Die Daten wurden bei Bedarf so angepasst, dass daraus eine schlüssige Baubeschreibung in Bezug auf die Anzahl, die Maße, die Konstruktionsweise, Massenverhältnisse und die Materialität erstellt werden konnte, auf deren Basis im Umkehrschluss wiederum ein Gebäude, der Repräsentant, entworfen konnte. Durch einfache architektonische Testentwürfe wurde die Plausibilität der Gebäude überprüft (siehe Anhang 11, Abschnitt Repräsentanten). Die Materialien bzw. Bauprodukte der so erzeugten Repräsentantengebäude wurden sodann tabellarisch in den excelbasierten gemeindespezifischen Baumaterialdatenbanken (siehe Kapitel 4.3; siehe. Anhang 11, Abschnitt Materialdatenbank) nach Volumen oder Stückzahl erfasst und dienen als Basis für den Materialertragsrechner, welcher die Tabellenwerte als Standardwerte übernimmt und für die jeweilige Information (erzielbarer Verkaufspreis, Umweltwirkung, Schadstoffe) pro Gebäudealtersklasse verrechnet. Über die Auswahl der jeweiligen Baualtersklasse im Tool durch den Nutzer werden die Eingabemasken automatisch vervollständigt und Standardwerte für den entsprechenden Typus ausgegeben. Anpassungen nach Hinzufügen des Repräsentanten sind jederzeit möglich.

Über die Eingabemaske können die Werte individuell für das eigene Haus verändert werden. Die Anwender:innen haben vor der Ergebnisausgabe stets die Möglichkeit, die Angabe der Mengen, des Materials sowie des Alters der Baumaterialien selbst einzugeben und so z. B. eine im Standardwert hinterlegte Kunststoffeingangstür pro Haus zu zwei Holzeingangstüren zu korrigieren. Damit können die Anwender:innen die Ergebnisqualität des Materialertragsrechners selbst beeinflussen.

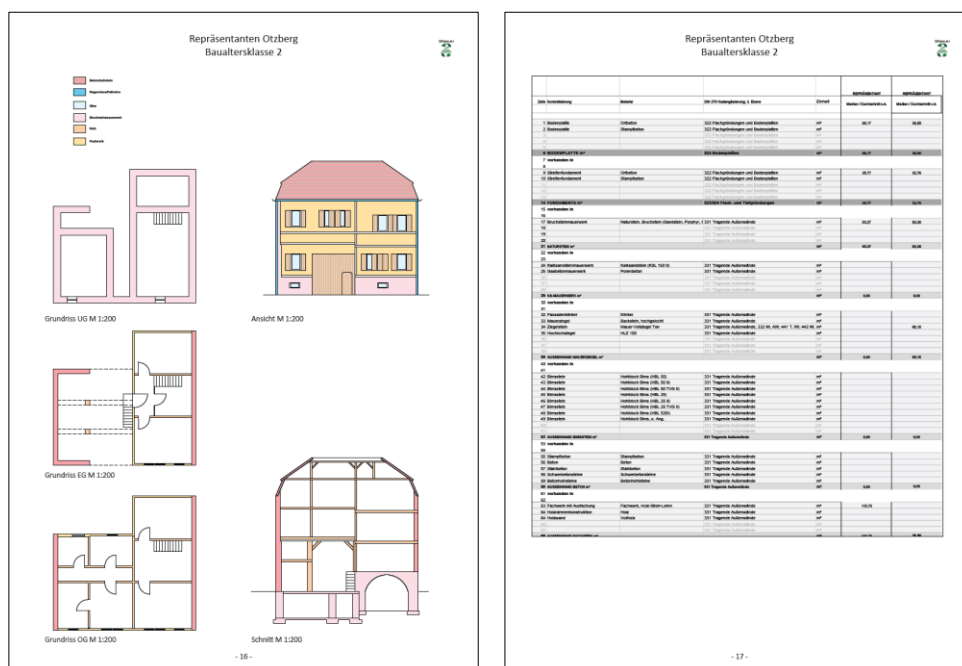


Abb. 85: Beispiel eines Gebäuderepräsentanten (eigene Darstellung)



---

## Information über erzielbare Verkaufspreise

Um einen ersten Anhaltspunkt über den möglichen zu erzielenden Verkaufspreis zu geben, wurden Medianpreise auf Grundlage der Bauteilbörse ‚Bauteilnetz‘ berechnet. Der mögliche Erlös beim Verkauf von Baumaterialien fußt auf den gemittelten und aufbereiteten Verkaufspreisen bisheriger Materialverkäufe über diese Bauteilbörse; die Datenerhebung erfolgt mittels Web Scraping zur Ermittlung von Preisspannen für die relevanten Bauteilgruppen (vgl. TP 6 Geschäftsmodell, Randbedingungen und Kriterien; siehe Kapitel 4.4). Das Tool ermittelt mithilfe von Angaben zu den zu verkaufenden Baumaterialien, wie Abmessungen und Fertigungszeitraum, einen Medianwert, basierend auf bereits verkauften oder zum Verkauf stehenden Bauteilen. Für jedes Baumaterial konnte eine unterschiedlich große Menge an zum Verkauf stehenden Beispielprodukten ermittelt werden und für jeden in Frage kommenden Herstellungszeitraum der Medianpreis der unterschiedlichen Bauprodukte errechnet werden. Die Zuordnung der Preise zu den Baustoffen erfolgte auf Basis der Bauteil- oder Produktbezeichnung (Tür, Fenster, Dachziegel etc.) sowie des Alters (Einbau und Nutzungszeitraum). Um die Verwendung des Tools möglichst einfach zu gestalten, werden die zur Preisfindung notwendigen Basisangaben abgefragt. Daher erfolgte auch bei der Preisermittlung keine Abstufung hinsichtlich der Qualität oder besonderer Merkmale. In wenigen Schritten kann man den möglichen Preis für ein Bauteil auf der Grundlage gegenwärtiger Marktbedingungen schätzen.

## Information über Umweltwirkungen (Erderwärmungspotenzial)

Im gesamten Lebenszyklus, von der Rohstoffbeschaffung über die Produktion, den Transport, die Nutzung und bis zur Entsorgung eines Bauprodukts werden Kohlenstoffdioxid und andere Treibhausgase freigesetzt. Damit weisen technisch hergestellte Baumaterialien im Gegensatz zu den nachwachsenden biogenen Materialien wie z. B. Holzprodukten ein entsprechendes Erderwärmungspotenzial auf. Wird durch die stofflich gleiche Wiederverwendung die Entsorgung eines Baumaterials als Abfall und die Produktion eines neuen Bauprodukts vermieden, wird die Entstehung von Treibhausgasen hierfür eingespart und die Entsorgung des wiederverwendeten Bauteils verzögert. Dies wird den Nutzer:innen des Materialertragsrechners durch die Angabe des CO<sub>2</sub>-Äquivalents (CO<sub>2</sub>-Äq.) aufgezeigt. Die Werte beinhalten die Emissionen von CO<sub>2</sub>-Äq., welche bei Rohstoffbereitstellung, Transport und Herstellung in der Herstellungsphase eines neuen Bauteils entstehen. Die errechnete CO<sub>2</sub>-Ersparnis in kg berechnet sich aus den durchschnittlichen Werten zur Herstellung eines neuen entsprechenden Bauprodukts, welche im Rahmen von TP 7 und TP 9 (vgl. Kapitel 4.5.5) ermittelt wurden und auf der Datenbank ÖKOBAUDAT des BMWSB basieren. Da sich die Emissionen von CO<sub>2</sub>-Äq. bspw. nach Herstellungsart, Hersteller und spezifischem Bauprodukt unterscheiden, können die Werte lediglich der Orientierung dienen; sie tragen aber vor allem dazu bei, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass der Verkauf von Gebrauchtmaterialien über den monetären Erlös hinaus auch einen ökologischen Nutzen aufweist.

## Information zu potenziell vorhandenen Schadstoffen in Altmaterialien – Schadstoffentfrachtung

Die Ergebnisse der im Rahmen der im Projekt geführten Experteninterviews zeigten, dass das Risiko einer Belastung mit Schadstoffen eine der wesentlichen Hemmschwellen bei der Wiederverwendung von Bauteilen und der Verwertung von Baumaterialien ist. Bei der Herstellung verschiedener Bauprodukte wurden ab ca. 1950 bis in die jüngste Vergangenheit unterschiedliche Bauchemikalien eingesetzt, die die Leistung und Dauerhaftigkeit von Materialien verbessern sollten, so bspw. hinsichtlich des Brandschutzes (z. B. Asbest), dem Befall durch Pilze, Moose und Flechten (Fungizide), dem Insektenschutz (Biozide) oder zum Schutz gegen eindringende Feuchtigkeit (z. B. Holzschutzmittel) oder als Klebstoffe (z. B. PAK) (Gesamtverband Schadstoffsanierung 2010). Viele dieser Stoffe und Chemikalien, wie Asbest, PCP oder Chlornaphthalin wurden erst Jahre nach ihrer Markteinführung als gesundheitsschädlich eingestuft, sodass in der Folge ihre weitere Verwendung erst untersagt wurde, nachdem bereits große Mengen an Baumaterialien im Bestand kontaminiert waren (Bossemeyer et

---

al. 2019; Gesamtverband Schadstoffsanierung 2010). Daher können diese Schadstoffe nach wie vor in älteren Häusern vorhanden sein, sodass bei der Wiederverwendung geprüft werden sollte, ob geborgene oder zur Demontage anstehende Bauteile schadstofffrei sind. Eine erste große Einschätzung über das Vorhandensein von Risikomaterialien kann über den Materialertragsrechner geliefert werden, indem das Tool eine Warnung ausgibt, wenn möglicherweise aufgrund des Herstellzeitraums und der Fertigungsortes eine Schadstoffkontamination angenommen werden kann.

Dazu wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit (Kilb 2020) in Kooperation mit Arcadis Germany GmbH eine Bewertungsmatrix für Schadstoffe in Baumaterialien mit Fokus auf Asbest und Holzschutzmittel (PCP, Lindan, DDT, Chlornaphthalin, Carbamat, Dichlofluorid, Fumecyclo, Permethrin und Pyrethroide) entwickelt. Eine Erweiterung um zusätzliche Bauteile und Schadstoffe ist möglich. Ziel ist es, Bauprodukte und andere Stoffe zu identifizieren, bei denen grundsätzlich eine Schadstoffbelastung vermutet werden kann. Dieses Wissen ist sowohl für die Wiederverwendung von ganzen Bauelemente und Objekte (z. B. Holzbalken) als auch für die Verwertung auf Materialebene (z. B. Holz aus Holzbalken) relevant. Sind Schadstoffe vorhanden, soll die Möglichkeit genutzt werden, sie aus den Gebäuden und dem Verwendungs- bzw. Verwertungskreislauf zu entfernen (Schadstoffentfrachtung).

Für 68 verschiedene Bauteile und -materialien wurde im Rahmen der Abschlussarbeit das Vorhandensein von neun ausgewählten Schadstoffen (Asbest, Carbamat, Chlornaphthalin, DDT, Dichlofluorid, Fumecyclo, Lindan, PCP und Pyrethroide) untersucht. Die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens dieser Schadstoffe in den Baustoffen wurde beginnend mit dem Jahr 1945 in Fünf-Jahres-Schritten ermittelt und unterteilt in die Stufen ‚nicht zutreffend‘, ‚unwahrscheinlich‘, ‚möglich‘ und ‚sehr wahrscheinlich‘. Vor 1989 wurden DDR und Bundesrepublik Deutschland (BRD) getrennt voneinander betrachtet, da sich die enthaltenen Schadstoffe im ehemals geteilten Land unterscheiden (z. B. Verbot von Spritzasbest im Jahr 1969 in der DDR, ab 1979 auch in der BRD (Bossemeyer et al. 2019)).

Zusätzlich wird Interessierten ein externes Schadstoffverzeichnis zur Verfügung gestellt, in dem die Ergebnisse der Untersuchung vollständig implementiert sind. Dort kann auch eine Vielzahl von Baustoffen, die üblicherweise nicht der Wiederverwendung zugeführt werden und daher nicht im Materialertragsrechner aufgeführt werden auf potenziell vorhandene Schadstoffe hin überprüft werden. Die Stoffe sind auch hier kategorisiert nach Herstellungsdatum seit 1945 sowie einer räumlichen Gliederung in Ost- und Westdeutschland. Dabei wird die Wahrscheinlichkeit angegeben, mit der ein bestimmtes Bauprodukt einen der Schadstoffe Asbest, Carbamat, Chlornaphthalin, DDT, Dichlofluorid, Fumecyclo, Lindan oder PCP enthalten könnte.

Tab. 37 zeigt einen Ausschnitt aus der Bewertungsmatrix. Die Matrix differenziert Bauteile und Einbaujahre (in Fünfjahresschritten) ab 1945 und ist repräsentativ für Deutschland, wobei aufgrund der unterschiedlichen Rechtslage bis 1989 zwischen DDR und BRD unterschieden wird. Weil auch nach einem Verbot eines schadstoffhaltigen Produktes der Einsatz von Restbeständen nicht ausgeschlossen werden kann, können auch Bauteile, die nach dem Verbot eingebaut wurden, belastet sein. Aus diesem Grund wurde die Belastung von Bauteilen mit bereits verbotenen Schadstoffen als ‚unwahrscheinlich‘ bewertet – aber nicht als ausgeschlossen. Eine Bewertung mit ‚nicht zutreffend‘ bedeutet, dass der jeweilige Schadstoff für die betrachtete Produktkategorie nicht relevant ist. Die Bewertung ‚möglich‘ bedeutet, dass kein Haupteinsatzzeitraum für den Schadstoff in der Produktkategorie existiert, oder dass der betrachtete Zeitraum kurz vor oder nach dem Haupteinsatzzeitraumes (z. B. kurz nach einem Verbot) liegt. Eine Belastung eines Bauteils in einem bestimmten Zeitraum ist ‚sehr wahrscheinlich‘, wenn der betrachtete Schadstoff in dem Zeitraum häufig in der betrachteten Produktkategorie eingesetzt wurde.

Tab. 37: Ausschnitt aus der entwickelten Bewertungsmatrix für das Beispiel von Holzbauteilen im Außenbereich für die Jahre 1945 bis 1954 (eigene Darstellung)

Bauteil / Baustoff	Schadstoffe	1945 - 1949		1950 - 1954	
		DDR	BRD	DDR	BRD
Holzbauteile (außen)	Asbest	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend
	Carbamat	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich
	Chlornaphthalin	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich
	DDT	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich
	Dichlofluorid	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich
	Furmecycloxy	möglich	möglich	möglich	möglich
	Lindan	unwahrscheinlich	sehr wahrscheinlich	unwahrscheinlich	sehr wahrscheinlich
	PCP	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich
	Pyrethroide	unwahrscheinlich	unwahrscheinlich	möglich	möglich

Der Materialertragsrechner kann durch Hinzufügen zusätzlicher Standardwerte für weitere Gemeinden und/oder die Ergänzung um zusätzliche Baualterklassen erweitert werden, wodurch der Gebäudebestand präziser abgebildet werden kann. Eine fortlaufende, regelmäßige Aktualisierung der Medianpreise erhöht die Genauigkeit des Tools. Für alle zusätzlich zu implementierenden Baumaterialien ist die Erfassung von Medianpreis, CO<sub>2</sub>-Äq. bei der Wiederverwendung und der eventuell auftretenden Schadstoffe in der beschriebenen Art und Weise erforderlich.

### Konzeption und Anwendung

Der Materialertragsrechner soll Hausbesitzer:innen vermitteln, welche Baumaterialien potenziell auf einer Bauteilbörse zu verkaufen sind. Die Konzeption berücksichtigt die zurzeit marktfähigen Produkte bzw. Objekte für eine Wiederverwendung in bestehenden oder neuen Gebäuden. Dies führt zu der Annahme, dass die im Materialertragsrechner hinterlegten Bauteile in gleicher Funktion oder als dekorative Elemente im Innenausbau oder im Garten- und Landschaftsbau eingesetzt werden. Daher wurden in das Konzept des Tools ausschließlich Materialien mitaufgenommen, die stofflich mit gleicher Funktion wiederverwendbar sind.

Dabei wurden die folgenden Kategorien ermittelt:

- Konstruktion
  - Wände
  - Decken
  - Dach
- Türen
- Fenster
- Treppen
- Böden
- Heizung und Sanitär
- Außenbereich

In jeder Kategorie stehen, angepasst auf die jeweiligen Baumaterialien, verschiedene Informationen zur Verfügung, wie bspw. die Abmessungen, die Materialart, der Herstellungszeitraum und die Anzahl. Um das Nutzungserlebnis einfacher zu gestalten, sind, wo möglich, Standardwerte vorgegeben, die individuell angepasst werden können.

## Bereich Konstruktion:

Im Bereich Konstruktion können Nutzende das Baujahr des Gebäudes mithilfe einer Dropdown-Liste angeben (siehe Abb. 86). Nach der Angabe wird das Herstellungsdatum aller vorhandenen und neu hinzugefügten Bauteile und -materialien zunächst auf dieses Baujahr gesetzt, da zunächst davon auszugehen ist, dass alle Baumaterialien aus derselben Bauzeit stammen. Spätere Einbauten oder Veränderungen können die Nutzer:innen nachträglich hinzufügen oder abändern. Die Nutzer:innen haben auch die Möglichkeit, den Button ‚Bauteile hinzufügen‘ zu verwenden. Hierdurch werden, wie oben beschrieben, die Standarddaten des Repräsentanten dieses Baualters automatisch allen Kategorien hinzugefügt.



Abb. 86: Materialertragsrechner mit wählbaren Tabs und Auswahl des Baualters (eigene Darstellung)

Im Bereich Konstruktion sind darüber hinaus Außen- und Innenwände aus den Materialien Ziegelstein, Fachwerk und Holzständer in den Rechner integriert (siehe Abb. 87). Der Nutzende bekommt die Möglichkeit, anzugeben, in welchem Stockwerk die jeweilige Wand liegt, um die Eingabe strukturiert nach Geschoss gestalten zu können. Zusätzlich kann angegeben werden, um welche Länge (Laufmeter) es sich handelt, wie dick die Wand ist [m] und wie hoch das Geschoss ist [m]. Aus diesen Angaben wird das Volumen [m<sup>3</sup>] automatisch berechnet. Sollte nur das Volumen der zu verkaufenden Wände bekannt sein, kann dieses auch manuell angegeben werden. Zuletzt muss der Nutzende ein Material wählen. Grundsätzlich ist durch die Verwendung des Buttons ‚Hinzufügen‘ die Angabe beliebig vieler Wände möglich.



Abb. 87: Bereich Wände mit vorhandenen Standardwerten (eigene Darstellung)

Als weitere Angabe kann das Volumen [m<sup>3</sup>] eventuell vorhandener Decken aus Holzbalken angegeben werden (siehe Abb. 88, links). An dieser Stelle ist ein Hinweisicon mit der Information ‚Nach aktuellem Kenntnisstand können lediglich Decken aus Holzbalken wiederverwendet werden‘ integriert.

Im Bereich Dach können Dachziegel, Naturschieferplatten und Betondachsteine als wiederverwendbare Bauteile verkauft werden und Preis, CO<sub>2</sub>-Äq. und Schadstoffe hiervon ermittelt werden (vgl. Abb. 88, rechts). Hierbei ist die Angabe der Dachfläche [m<sup>2</sup>] möglich. Zudem können diese Daten zum Konstruktionsholz des Daches ermittelt werden; hierzu wird das Volumen des Holzes abgefragt [m<sup>3</sup>].




Abb. 88: Bereiche Decken (mit Hinweisicon neben dem Tabellennamen; links) und Dach (rechts) (eigene Darstellung)

### Bereich Türen:

Für Innen- und Außentüren sind die Materialien Metall und Holz(-werkstoff) implementiert (siehe Abb. 89). Zur Ermittlung der Fläche [m<sup>2</sup>] werden Höhe und Breite (jeweils m) der Tür abgefragt. Zudem können der Herstellungszeitraum und die Anzahl der zu verkaufenden Türen dieser Art angegeben werden. Auch hier ist die Angabe beliebig vieler Türen durch den Button ‚Hinzufügen‘ ermöglicht.

Türen	Material	Höhe	Breite	Fläche	Herstellungszeitraum	Anzahl	
Haustür / Außentür	Metall	2.01 m	0.885 m	1.779 m <sup>2</sup>	bis 1900	0	Hinzufügen

Abb. 89: Bereich Türen (eigene Darstellung)

### Bereich Fenster:

In der Kategorie Fenster steht dem Nutzenden die Auswahl des Rahmenmaterials (Kunststoff, Holz) und die Art der Verglasung (Einfach-, Zweifach, Dreifachverglasung) zur Verfügung (siehe Abb. 90). Zusätzlich wird der Rahmenumfang für die Berechnung des Rahmens und die Fensterfläche für die Berechnung der Verglasung abgefragt. Zudem können der Herstellungszeitraum und die Anzahl der zu verkaufenden Fenster dieser Art angegeben werden.

Rahmenmaterial	Verglasung	Rahmenumfang	Fensterfläche	Herstellungszeitraum	Anzahl	
Kunststoff	Einfachverglasung	5.4 m	1.8 m <sup>2</sup>	bis 1900	0	Hinzufügen

Abb. 90: Bereich Fenster (eigene Darstellung)

### Bereich Treppen:

Im Bereich Treppen steht die Auswahl von Metall- oder Holztreppe zur Verfügung sowie die Anzahl der Stockwerke, die die Treppe umfasst (siehe Abb. 91). Es werden lediglich Systemtreppen erfasst, da diese in gleicher Art wiederverwendet werden können.

Material	Herstellungszeitraum	Anzahl Stockwerke	
Metall	bis 1900	0	Hinzufügen

Abb. 91: Bereich Treppen (eigene Darstellung)

### Bereich Böden:

In der Kategorie Boden wurden Bodenbeläge ermittelt, welche der Wiederverwendung zugeführt werden können. Somit stehen dem Nutzenden die Beläge Holzdielen, Stein, Parkett, Teppich, Fliesen, Linoleum- und Vinylbodenbelag sowie PVC zur Auswahl (siehe Abb. 92). Als maßgebend für die Preisermittlung und CO<sub>2</sub>-Äq.-Einsparung dient die Fläche [m<sup>2</sup>], welche neben dem Herstellungszeitraum abgefragt wird.

Böden	Fläche	Herstellungszeitraum	
Holzdielen	0 m <sup>2</sup>	bis 1900	Hinzufügen

- Holzdielen
- Stein
- Parkett
- Teppich
- Fliesen
- Linoleumbelag
- PVC
- Vinylbodenbelag

Abb. 92: Bereich Böden mit der möglichen Materialauswahl in einer Drop-Down-Liste (eigene Darstellung)

## Bereich Heizung und Sanitär:

Im Bereich Heizung steht dem Nutzenden die Auswahl des Herstellungszeitraums der zum Verkauf stehenden Heizkörper sowie die Anzahl dieser zur Verfügung (siehe Abb. 93). Im Bereich Sanitär stehen die Komponenten WC, Waschbecken, Dusche (Duschwanne) und Badewanne jeweils aus den Materialien Keramik, Acryl, Grauguss und Andere zur Auswahl. Auch hier können Herstellungszeitraum und Anzahl definiert werden.

Abb. 93: Bereiche Sanitär (links) und Heizungen (rechts) (eigene Darstellung)

## Bereich Außenbereich:

Wie im Innenbereich können auch im Außenraum verschiedene Bauteile wiederverwendet werden (siehe Abb. 94). Ermittelt wurden Pflaster [m<sup>2</sup>], Plattenbeläge [m<sup>2</sup>], Ziegelsteinboden [m<sup>2</sup>], Holzzaun [Stück], Metallstabzaun [Stück], Natursteinmauer [m<sup>3</sup>] und Ziegelmauer [m<sup>3</sup>] in individueller Menge mit Herstellungszeitraum.

Abb. 94: Bereich Außenbereich (eigene Darstellung)

Haben die Nutzer:innen die Dateneingabe beendet und startet die Berechnung, werden Medianpreis, CO<sub>2</sub>-Äq. bei der Wiederverwendung und eventuell auftretende Schadstoffe tabellarisch ausgegeben (siehe Abb. 95). Die Ausgabe erfolgt bauteilbezogen sowie aufsummiert für die Parameter Preis und CO<sub>2</sub>-Äq.. Die Ausgabe von Informationen zu Schadstoffen wird ebenfalls materialbezogen angegeben und mit einem Hinweis ergänzt, in welchem zur weiteren Recherche bzgl. der im Bauprodukt möglicherweise enthaltenen Schadstoffe aufgefordert wird. Dies kann zunächst über das im Folgenden beschriebene Schadstoffverzeichnis erfolgen. Sofern sich die Anzeichen auf Schadstoffe verdichten, sollte unbedingt eine in sachverständige Person hinzugezogen werden.

Bauteil / Bauelement	potenziell eingespartes CO <sub>2</sub> je Bauteil ⓘ	Möglicher Preis je Bauteil ⓘ	Schadstoffe ⓘ
Türen	Außentüren (Holz, 1949 - 1962): 3g CO <sub>2</sub> Innentüren (Holz, 1949 - 1962): 3g CO <sub>2</sub>	Außentüren (Holz, 1949 - 1962): keine Angabe möglich Innentüren (Holz, 1949 - 1962): keine Angabe möglich	Haustür (Holz) ⓘ Innentür (Holz) ⓘ
Fenster	Zweifachverglasung (PVC-Rahmen, 1949 - 1962): 1400g CO <sub>2</sub> Einfachverglasung (PVC-Rahmen, 1949 - 1962): 7g CO <sub>2</sub>	Zweifachverglasung (PVC-Rahmen, 1949 - 1962): keine Angabe möglich Einfachverglasung (PVC-Rahmen, 1949 - 1962): keine Angabe möglich	
Treppen	Treppe (Holz, 1949 - 1962): 9g CO <sub>2</sub>	Treppe (Holz, 1949 - 1962): 700 €	Treppe (Holz) ⓘ
Heizung & Sanitär	Heizkörper (1949 - 1962): 1700g CO <sub>2</sub> Waschbecken (Keramik, 1949 - 1962): 140g CO <sub>2</sub> Dusche (Anderes, 1949 - 1962): keine Angabe möglich Badewanne (Anderes, 1949 - 1962): keine Angabe möglich	Heizkörper (1949 - 1962): 60 € Waschbecken (Keramik, 1949 - 1962): 35 € Dusche (Anderes, 1949 - 1962): keine Angabe möglich Badewanne (Anderes, 1949 - 1962): keine Angabe möglich	
Böden	Linoleumbelag-Böden (1949 - 1962): keine Angabe möglich	Linoleumbelag-Böden (1949 - 1962): keine Angabe möglich	Böden (Linoleumbelag) ⓘ
Außenraum	Pflaster (1949 - 1962): 540g CO <sub>2</sub> Metallstabzaun (1949 - 1962): 5g CO <sub>2</sub>	Pflaster (1949 - 1962): 3300 € Metallstabzaun (1949 - 1962): 350 €	
Konstruktion	Dachkonstruktion (Holzbalken, 1949 - 1962): 180g CO <sub>2</sub> Dachhaut (Ziegel, 1949 - 1962): 2800g CO <sub>2</sub> Erdgeschoss Innenwand (1949 - 1962): 2000g CO <sub>2</sub> 1.Stock Innenwand (1949 - 1962): 2000g CO <sub>2</sub> 2.Stock Innenwand (1949 - 1962): 2000g CO <sub>2</sub>	Dachkonstruktion (Holzbalken, 1949 - 1962): 4700 € Dachhaut (Ziegel, 1949 - 1962): 4800 € Erdgeschoss Innenwand (1949 - 1962): keine Angabe möglich 1.Stock Innenwand (1949 - 1962): keine Angabe möglich 2.Stock Innenwand (1949 - 1962): keine Angabe möglich	Wand (Ziegel) ⓘ Dach (Konstruktionsholz) ⓘ
Summe	12.79 kg CO <sub>2</sub>	14555 €	

Bei diesem Bauteil sind in der gewählten Baualtersklasse Schadstoffe vorhanden, überprüfen Sie das Bauteil im Schadstoffverzeichnis.

Abb. 95: Ausgabetabelle des Materialertragsrechners mit potentiell eingespartem CO<sub>2</sub> je Bauteil und gesamt, möglichem Preis je Bauteil und gesamt und potentiell vorhandenen Schadstoffen mit der Anzeige des Warnhinweises zur Aufforderung der weiteren Überprüfung des Bauteils (eigene Darstellung)

## Schadstoffverzeichnis

Das Schadstoffverzeichnis bietet als ausgelagertes Tool einen erleichterten Überblick und die schnelle Abfrage von Schadstoffen in den Baumaterialien, für welche im Materialertragsrechner ein Hinweis zu möglichen Schadstoffen ausgegeben wurde. Zudem sind Bauteile und -elemente enthalten, welche im Allgemeinen nicht (stofflich) wiederverwendbar sind (z. B. Spachtelmasse, Wandfüller, Tapeten u. v. m.), und daher nicht im Materialertragsrechner implementiert sind, die aber beim Abbruch eines Hauses anfallen und entsorgt werden müssen. Um diese Informationen interessierten Nutzenden zur Verfügung zu stellen, wurde das Schadstoffverzeichnis als eigenständiges Tool entwickelt.

Es bietet die Möglichkeit, über eine Suchfunktion die enthaltenen Bauteile und -elemente auszuwählen (siehe Abb. 96, links). Eine Suchfunktion erleichtert diesen Schritt. Der Nutzende wählt den Herstellungszeitraum (ab 1945) und ob es sich um ein Bauteil handelt, das in DDR (vor 1989) oder BRD verwendet wurde. Ausgegeben wird eine tabellarische Übersicht zu neun verschiedenen Schadstoffen und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser im gewählten Bauteil (,nicht zutreffend' – ,unwahrscheinlich' – ,möglich' – ,sehr wahrscheinlich', siehe Abb. 96, rechts).

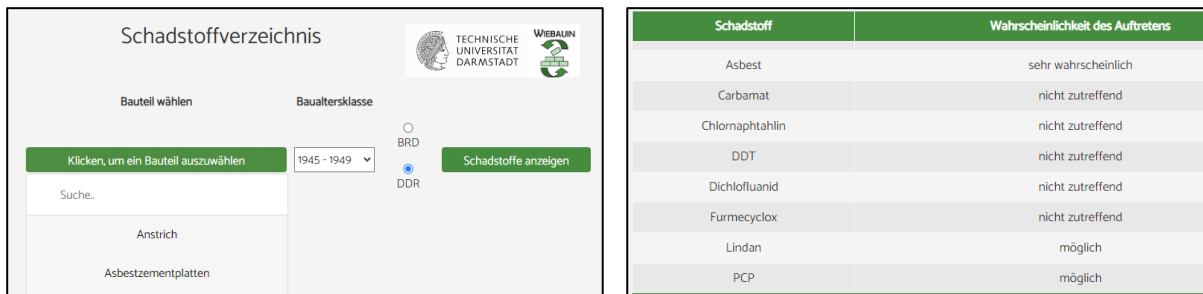


Abb. 96: Eingabemaske (links) und Ausgabetable (rechts) des Schadstoffverzeichnisses (eigene Darstellung)

## Einbindung und weitere Verwendung

Der Materialertragsrechner sowie das Schadstoffverzeichnis werden auf der Bauteilböse des Projekts öffentlich zur Verfügung gestellt. Der technische Aufbau ermöglicht es aber auch, die Funktionen des Tools auf beliebigen anderen Webseiten bereitzustellen. Andere regionale Bauteilbörsen können den Materialertragsrechner so auch auf ihrer Internetplattform einbinden. Hierzu wäre auch eine Anpassung der Repräsentanten durch die lokale Erfassung und Aufbereitung typischer Bauteile in diesen Regionen möglich. Eine Weiterentwicklung des Materialertragsrechners, z. B. durch die Aufnahme von neuen Baumaterialien in die Datenbank, die Untersuchung weiterer Schadstoffe und die Aktualisierung der vorhandenen Daten bei neuen Erkenntnissen oder weiteren verfügbaren Daten, ist durch die gewählte technische Umsetzung leicht möglich.

## Technische Umsetzung

Der Materialertragsrechner wird allen interessierten Personen auf einfachem Wege (,open access') zur Verfügung gestellt. Hierzu bietet sich die Einbindung auf einer Internet-Plattform als Web-Lösung an. Das Tool ist plattformunabhängig nutzbar und kann auch nach der Forschungs- und Entwicklungsphase des Projekts flexibel angepasst werden.

Die Umsetzung des Konzepts in ein Endprodukt, das die genannten Anforderungen erfüllt, erfolgt in den Programmiersprachen HTML, JavaScript und PHP sowie CSS. HTML (,Hypertext Markup Language') dient der Verknüpfung von (Hyper-) Links und erlaubt die Konstruktion dynamischer Textdateien, welche plattformunabhängig aufgerufen werden können (Bühler et al. 2018). Als Sprache, die primär der Strukturierung von Text dient, fehlt die Möglichkeit zur visuellen Darstellung in HTML. Diese Funktion wird von der Sprache CSS (,Cascading Style Sheets') übernommen, welche der ,Formatierung und Gestaltung von Webseiten dient" (Bühler et al.

2018). JavaScript ermöglicht die Einbindung von Skript-Code in HTML. Somit können Nutzerinteraktionen verarbeitet werden und Inhalte dynamisch an die Eingaben und Auswahl des Nutzers angepasst werden. Sämtliche Funktionen, die der Materialertragsrechner bietet, vom automatischen Ausfüllen der Formularmaske nach Auswahl von Repräsentanten, über die Ausgabe von Warnungen bei falschen Eingaben bis zur Berechnung und Ausgabe von Preis, CO<sub>2</sub>-Äq. und Schadstoffen, wurden mithilfe von JavaScript implementiert. Einige Funktionen des Materialertragsrechners basieren auf dem Abruf von Informationen aus Datenbanken. Dies betrifft die Preise und CO<sub>2</sub>-Äq., welche in einer Datenbank ‚Bauteiltabelle‘ hinterlegt sind (siehe Abb. 97) sowie die in den Bauteilen und -elementen enthaltenen Schadstoffe (Datenbank ‚Schadstoffe‘, siehe Abb. 98).

	kategorie character varying (18)	bauteile character varying (23)	material character varying (18)	bezugseinheit character varying (6)	med_preis_euro_ character varying (66)	gwp_rf_rt_in_kg_co2_aq_ numeric (8,4)	kommentar character varying (37)
21	Sanitär	Badewanne	Acryl	Stück	{{(300),(45),(45),(85),(85),(85),(85)}	123.7500	Angabe in kg, Annahme: 30 kg
22	Sanitär	Badewanne	Grauguss	Stück	{{(300),(45),(45),(85),(85),(85),(85)}	237.0750	[null]

Abb. 97: Auszug aus der Datenbank ‚Bauteiltabelle‘ mit den Feldern Kategorie, Bauteile, Material, Bezugseinheit, Median Preis in Euro (hinterlegt ist ein Array, welches die Werte der verschiedenen Herstellungszeiträume enthält), GWP und Kommentar (eigene Darstellung)

	table character varying (100)	bauteil__baustoff character varying (37)	schadstoffe character varying (16)	alter1945__1949_ddd character varying (20)	alter1945__1949_brd character varying (20)	alter1950__1954_ddd character varying (20)	alter1950__1954_brd character varying (20)	alter1955__1959_ddd character varying (20)
325	table_stairs	Holzterreppen_innen	Asbest	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend
326	table_stairs	Holzterreppen_innen	Carbamate	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich
327	table_stairs	Holzterreppen_innen	Chlornaphthalin	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich
328	table_stairs	Holzterreppen_innen	DDT	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich	möglich	sehr wahrscheinlich

Abb. 98: Auszug aus der Datenbank ‚Schadstoffe‘ mit den Feldern Table (welcher Tabellenkategorie des Materialertragsrechners kann das Bauteil zugeordnet werden), Bauteil/Baustoff, Schadstoffe und der Zuordnung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens nach Jahr und Land (DDR/BRD) (eigene Darstellung)

Zusätzlich wurde eine Datenbank für sog. Repräsentanten angelegt, um die Möglichkeit zu schaffen, den Materialertragsrechner bei Bedarf flexibel anpassen zu können – z. B. nach Region, Bauart des Hauses (z. B. massiv oder modular) oder Haustyp (z. B. Einfamilienhaus, Reihenhaus, Wohnung). Der Zugriff auf diese Datenbank der Repräsentanten ist im Materialertragsrechner implementiert. Das Abrufen dieser Daten erfolgt mithilfe von PHP (‚Hypertext Preprocessor‘), einer serverseitigen Skriptsprache, welche eine breite Datenbankunterstützung aufweist (Bühler et al. 2018).

Das Schadstoffverzeichnis wurde analog entwickelt und verwendet, wo möglich, die gleichen Skripte, sodass bei Änderungen der Anpassungsbedarf möglichst reduziert wird.

### 4.6.3 Durchführung der Bauherr:innen- und Architekt:innenberatung (TP 13)

Die unter Kapitel 4.6.1 und 4.6.2 entwickelten Komponenten des Weiterbildungspakets (Handbuch und Materialertragsrechner) wurden auch konzipiert, um Beratungsleistungen zur Wiederverwendung für Bauherr:innen und Architekt:innen im Rahmen des Forschungsprojektes und darüber hinaus zu unterstützen. Ergänzend wurde für die Architektenkammer Hessen im Rahmen des Sustainability Papers 3 (Rudolph-Cleff und Labidi 2023) ein Beitrag zur ‚Stadt als Ressource‘ mit Empfehlungen erarbeitet.

Das Forschungsprojekt sah ein Beratungsangebot an die Bevölkerung sowie Planer:innen und Ausführende vor. Ziel war es, Bauwillige, Architekt:innen, Bauingenieur:innen und das Handwerk im Umgang mit gebrauchten Baumaterialien zu schulen und Lösungssätze für deren Wiederverwendung zu bieten. Zur weiteren Motivation und zur Förderung der Kreativität wurden Best-Practice-Beispiele recherchiert und aufbereitet. Im persönlichen Gespräch wurde auf allgemeine oder spezielle Fragen zu Bauvorhaben und Baumaterialien individuell eingegangen.



gen. Sowohl bei der Bergung als auch bei der Verwendung von Baumaterialien sind sehr häufig spezielle gebäude-, material- oder anwendungsbezogene Fragestellungen zu erörtern. Die im Zuge des Forschungsprojektes geführten Gespräche haben vielfältig erkennen lassen, dass ein umfangreiches Expertenwissen zur Beurteilung des Bestandes notwendig ist und ein Vorwissen der Bauwilligen in Bezug auf Baumaterialien, Baukonstruktion und Wiederverwendung nur in geringem Maße vorhanden ist.

Die Beratungen sollten ergebnisoffen durchgeführt werden und neben den umwelt- und ressourcenbezogenen sowie baukulturellen Argumenten für eine Wiederverwendung von Baumaterialien auch auf die Risiken wie potenzielle Schadstoffe, evtl. Unwirtschaftlichkeit, baukonstruktive Herausforderungen oder auf Aspekte wie den technischen und logistischen Aufwand erörtern. Ergänzt werden sollte diese Erstberatung durch die Vermittlung von Kontakten zu Fachleuten auf dem Feld der Wiederverwendung aus der Region.

Um Erfahrungen hinsichtlich der Akzeptanz und Annahme des Themas zu gewinnen, wurde ein öffentliches gemeinsames Beratungsangebot mit dem Titel ‚Beratung zur Wiederverwendung von Baumaterialien für Bauwillige, Architekt:innen, Handwerker:innen und Planer:innen‘ durch die beiden Projektpartner TU Darmstadt – Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung – und Kreisverwaltung des Landkreises Darmstadt-Dieburg – Fachbereich Dorf- und Regionalentwicklung – in der Außenstelle Dieburg des Landratsamts eingerichtet und über Flyer (siehe Abb. 99) und die elektronischen Medien (Webseiten, soziale Medien) beworben.



Abb. 99: Flyer zur Bewerbung des Beratungsangebots (eigene Darstellung)

Die Bürgerinnen und Bürger konnten über die veröffentlichten Kontaktadressen telefonisch oder per E-Mail einen individuellen Gesprächstermin vereinbaren. Das Angebot stand an zwei Tagen pro Woche während der Umsetzungsphase von Frühjahr 2022 bis Sommer 2023 für jedermann offen.

Mit dem frei verfügbaren Handbuch und dem Materialertragsrechner sowie dem angegliederten Schadstoffverzeichnis aus dem Weiterbildungspaket sowie dem Leitfaden zur Einbindung von Immobilieneigentümer:innen (siehe Kapitel 4.3) standen der Bevölkerung auch außerhalb der Beratungen Werkzeuge zur Verfügung, die auch eine Information im Vorfeld oder im Nachgang zu den Beratungsgesprächen möglich machte.

In Sprache mit den zu beratenden Personen sollten die geführten Gespräche protokolliert werden, um wichtige Ergebnisse und Schlussfolgerungen für das Gesamtprojekt ziehen zu können.

Das allgemeine Interesse an Beratungsleistungen war trotz reger Öffentlichkeitsarbeit für das Thema angefangen von der Platzierung des Bauteilkreises im an alle Haushalte des Landkreises verteilten Abfallkalender über die Verteilung und den Aushang von Plakaten und Broschüren in den Rathäusern bis zur Organisation von Konferenzen und Dialogformaten (Runder Tisch), von Vorträgen auf Veranstaltungen im Rhein-Main-Gebiet über Radio- und Zeitungsbeiträge und die Projektwebseiten und der Präsenz in den sozialen Medien leider nur äü-

---

ßerst gering, was sich darin zeigte, dass die Beratungsleistungen nur zwei Mal nachgefragt wurden, einmal seitens eines Darmstädter Architekturbüros für den Umbau eines alten Anwesens im Taunus und einmal seitens der Gemeinde Mühlthal nach Interessenten für den Rückbau bzw. Abnehmern der Materialien des Vereinsheims des örtlichen Tennisklubs. Das Vereinsheim konnte dank der vorhandenen Kontakte aus den Experteninterviews an einen interessierten Schreiner vermittelt werden mit der Absicht die Materialien in zwei eigenen Immobilien wiederzuverwenden. Von Seiten der Bürger:innen und Handwerksbetriebe im Landkreis und der Stadt Darmstadt kamen keine weiteren Anfragen bzgl. einer Bauberatung.

Aufgrund der betriebenen Werbung für das Projekt WieBauin, die Plattform Bauteilteilkreisel und das damit verbundene Beratungsangebot, ist davon auszugehen, dass die Bevölkerung und die professionellen Akteur:innen durch die Öffentlichkeitsarbeit erreicht wurden, zumal lobende Zuschriften aus der Bevölkerung zeigten, dass eine breitere Bekanntheit in der Bevölkerung vorhanden war.

Bei den Rückmeldungen aus der Bevölkerung handelte es sich oft um Privatpersonen, die sich bereits mit gebrauchten Baumaterialien beschäftigt hatten und welche im eigenen Haus kleine Projekte im Selbstbau umgesetzt hatten. Die Erfahrung zeigt, dass Heimwerker:innen, die sich Umbau- und Renovierungsprojekte aus intrinsischer Motivation und/ oder aufgrund des Vertrauens in ihr persönliches Wissen und Können umsetzen, nicht dazu neigen, Bauberatungen in Anspruch zu nehmen.

Es steht vielmehr zu vermuten, dass die öffentliche Sensibilität für das Thema Gebrauchtbaustoffe nach wie vor nicht in ausreichendem Maße gegeben ist. Die zahlreichen Geschehnisse, welche sich während der Projektlaufzeit ereigneten (u. a. Covid-19-Pandemie, Lieferkettenstörungen, Ukraine-Konflikt, Fachkräftemangel, Ahrflut, Berichte zum Klimawandel, Diskussionen um die Wärmewende) und den daraus resultierenden Folgen wie extreme Preissteigerungen bei Baumaterialien (Kraus und Weitz 2021; Hartmann et al. 2021; Destatis 2023a), geringe Verfügbarkeit von Handwerker:innen, Setzung neuer Standards im Bauwesen in Bezug auf die Einsparung von Treibhausgasen, Thematisierung der Umweltfolgen der Betonherstellung, Diskussion über die Rolle der grauen Energie) haben offenbar in der Bevölkerung nicht in großem Maße dazu beigetragen, sich mit alternativen Möglichkeiten des Bauens und nach nachhaltigen Lösungen umzusehen. Die Statistiken des Bundes und der Länder zeigen einen Einbruch bei den Baugenehmigungen für Wohngebäude für das Jahr 2022 (ZEIT ONLINE et al. 2023). Das Statistische Bundesamt verzeichnete einen Rückgang von 248.700 Genehmigungen im Vorjahr auf 217.586 Genehmigungen, dem niedrigsten Wert seit 2015 (Destatis 2023b). Presseberichte über Investoren und Bauvorhaben und die große Zahl die zurückgestellter Umsetzungen von Bauvorhaben lassen einen Zusammenhang zwischen Baukostensteigerungen und dem Rückgang von Bauanträgen wie Baugenehmigungen erkennen. Der Verzicht auf Neubauvorhaben trotz hoher Wohnungsnachfrage bei öffentlichen und privaten Wohnungsunternehmen (Teutsch 2022; Pfeiffer-Goldmann 2022; Kugler 2023; Wagner 2023) zeigte für den Projektzeitraum, dass auch eine spürbare Kostenreduktion durch Umplanungen und/ oder einen Umstieg auf günstigere, jedoch nicht unbedingt nachhaltige Bauprodukte, nicht mehr zu erreichen war.

Die Gründe, die häufig den potenziellen Verwender:innen von gebrauchten Baumaterialien vorgebracht werden, mögen vielfältig sein und auf unterschiedliche Motivationen zurückgehen, es sind jedoch vor allem folgende Felder auszumachen:

### **1. Kaum oder keine Kostenersparnis durch die Wiederverwendung von Baumaterialien**

Gebrauchte wiederverwendbare Baumaterialien aus dem Gebäudebestand lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen:

- a) sog. historische Baustoffe, d. h. Baumaterialien, die aufgrund ihres Alters (bspw. über Jahre getrocknetes Eichenholz), ihrer Materialität (Restbestände von Tropenholz) oder ihrer handwerklichen

---

Verarbeitung (bspw. hochwertige Klinkerbrände) neben dem sich an der Produktleistung orientierenden Wert und ggf. dem baukulturellen Wert auch noch einen besonderen finanziellen Wert aufweisen. Diese historischen Baustoffe (z. B. Holzbalken, Parkett, Fliesen, Ziegel) werden häufig in der Denkmalpflege verwendet und sind in der Regel rar. Sie werden meist über die etablierten Strukturen spezialisierter Baustoffhändler gehandelt. Die Verkaufspreise sind hoch und übersteigen die Preise vergleichbar nutzbaren Neumaterials (vgl. Experteninterview 04, S. 6 und 10; Experteninterview 05, S. 4f.; Experteninterview 10, S. 3; Experteninterview 11, S. 12f.; Experteninterview 16, S. 9f.; Experteninterview 18, S. 2, 11, 15). Eine Verwendung schließt sich für die meisten privaten Bauherr:innen aus Kostengründen aus. Es besteht vielmehr das Risiko, dass bei grundsätzlich weaternutzbaren Gebäude in denen solche Baumaterialien vorhanden sind, diese ganz oder teilweise entnommen werden, um finanzielle Einnahmen zu generieren (Untere Denkmalschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2019).

- b) gebrauchte Baustoffe, die keinen ausgewiesenen baukulturellen oder materialspezifischen hohen Wert besitzen, welche in Bestandsgebäuden enthalten sind und händisch oder mit großem Aufwand geborgen werden müssen. Sofern Baumaterialien per Handarbeit geborgen und gereinigt und palettiert werden müssen (z. B. Mauersteine, Dachpfannen, Betonpflastersteine u. ä.), sind hohe Lohnkosten hierfür einzuplanen. Je nach Material können die Lohnkosten sehr hoch sein, sodass der Kostenvorteil gegenüber Neumaterial sehr gering oder sogar negativ ist. In diesem Falle ist der Bezug von Neumaterial einschließlich der Entsorgung des Abbruchmaterials wirtschaftlich günstiger (vgl. Experteninterview 10, S. 2; Experteninterview 16, S. 3).
- c) einfach zu demontierende Baumaterialien. Bei den einfach abzubauenen Materialien handelt es sich meist um Objekte wie Türblätter, Heizkörper, Sanitärobjekte, Leuchten oder Geländer. Aufgrund der unkomplizierten Montage werden diese Materialien verhältnismäßig häufig ausgetauscht und unterliegen damit Moden und Veränderungen des Zeitgeschmacks. Sofern es sich nicht um rare Designobjekte handelt, die der Gruppe der historischen Baustoffe zuzurechnen sind, besitzen diese Baumaterialien nur einen sehr geringen finanziellen Wert und werden i. d. R. kaum nachgefragt. Da kein wirklicher Markt besteht, werden sie deshalb häufig als Abfall entsorgt.

## **2. Ein nicht ausreichendes Angebot an verfügbaren Gebrauchtbaumaterialien**

Baumaterialien zur Wiederverwendung sind äußerst selten in ausreichender Menge bzw. Stückzahl verfügbar. Es erfordert Kreativität, um die Potenziale zu entdecken und umfangreiche fachliche Kompetenzen, um Altmaterialien und neue Produkte kombinieren zu können. Hinzu kommt, dass die Mobilisierung von Baumaterialien für potenzielle Abnehmer zu nicht kalkulierbaren Zeitpunkten erfolgt. Beide Umstände führen dazu, dass von einer Wiederverwendung abgesehen wird, da Angebot und Nachfrage nach Materialien nicht zusammentreffen.

## **3. Konkurrenzfähigkeit gegenüber fabrikneuen Industrieprodukten**

Baumaterialien sind als Massenware in Baustoffzentren, Bau- und Heimwerkermärkten günstig zu einem Festpreis zu erwerben und meist sofort oder binnen kurzer Frist passgenau und in ausreichender Zahl verfügbar oder können ggf. nachbestellt und produziert werden. Gebrauchtmaterialien können aufgrund ihres Zustands, ihrer Verfügbarkeit und des risikobehafteten Ausbaus sowie dem Lagerbedarf nicht zu vergleichbaren Konditionen und Festpreisen angeboten werden. Eine Nachbestellung und Nachproduktion ist bei älteren Materialien kaum möglich. Es ist dabei auch zu beachten, dass die Produktionsbedingungen und technischen Normen sich im Laufe der Zeit durch Optimierung verändern können, womit Unterschiede in der Leistungsfähigkeit von Alt- zu Neumaterialien trotz hohem Preis auftreten können.

---

#### **4. Wende in der Planungskultur**

Der Bewusstseinswandel bei den Architekt:innen und Ingenieur:innen befindet sich noch in einem frühen Stadium. Die Wiederverwendung von Baumaterialien wurde bis vor wenigen Jahren weder in der Aus-, noch in der Fortbildung von Architekt:innen in größerem Umfang thematisiert, noch sind Rohstoffe, ihre Entsorgung und das zirkuläre Bauen bis zum heutigen Tage ein verpflichtendes Thema in der Aus- und Weiterbildung. Entsprechende erste Angebote werden allmählich aufgebaut.

Die Bereitschaft der befragten Architekt:innen, für ein Interview im Rahmen des Forschungsprojekts bereitzustehen, war hoch und es besteht allgemein ein hohes Interesse an Informationen zur Forschung und Entwicklung im Bereich des zirkulären Bauens, obwohl bisweilen bei Befragungen älterer Architekt:innen eingestanden wurde, sich bislang nicht in nennenswertem Umfang in der Praxis mit der Thematik der Bauabfälle und des Recyclings beschäftigt zu haben, da es hier an Impulsen gefehlt habe, man das Thema aber für sehr wichtig halte (vgl. Experteninterview 01, S. 1; Experteninterview 06, S. 1; Experteninterview 22, S. 1). Betrachtet man die Entwurfspraxis, so wird das Ende eines Bauwerks selten mitbetrachtet. Das Ideal des Bauens stellt noch immer das ‚Bauen für die Ewigkeit‘ dar, dem Architekt:innen, Bauingenieur:innen sowie insbesondere die Auftraggeber:innen folgen, vor allem aus dem Grunde, dass Gebäude auch als Wertanlage gesehen werden. Sowohl ein Gebäude selbst, als auch dessen Baukonstruktion samt den darin verbauten Materialien werden auf lange Standzeiten, hohe Leistungsfähigkeit und Robustheit hin geplant.

#### **5. Desinteresse oder Ablehnung der Verwendung von Gebrauchtbaustoffen durch das Handwerk**

Handwerksbetriebe bieten ihre Dienstleistungen inkl. der Baumaterialien an, da sie Bestandteil der Preiskalkulation sind. Das bedeutet, dass das Handwerk am Verkauf von neuen Baumaterialien verdient. Die Verwendung von Gebrauchtmaterialien stellt einen verhältnismäßig großen technischen und zeitlichen Aufwand dar, der keinerlei Mehrwert für den/die Handwerker:in darstellt. Da Handwerker:innen in der Regel keine größere Lagerhaltung von Gebrauchtmaterialien betreiben, müssten sie Ihre Dienste (Arbeitsleistung) lediglich für Fremdmaterialien anbieten, womit der Gewinn durch den Materialverkauf entfällt. Zudem wird vom Handwerk immer wieder das Problem der Produkthaftung vorgebracht, einem vertraglich vereinbarten Haftungsausschluss bei der Verwendung von Gebrauchtmaterialien mit dem Auftraggeber wird mit Skepsis begegnet.

#### **6. Fehlende (finanzielle) Anreize für Bauherr:innen**

Der Bau und die Planung von Gebäuden erfordern hohe finanzielle Summen. Verantwortlich hierfür sind in Deutschland v. a. teure Kredite, hohe Grundstückspreise, hohe Lohnkosten, gestiegene Materialpreise, ein allgemein hoher technischer Standard und immer strengere Regeln bzgl. des Energieverbrauchs. Für Bauherr:innen mit Gewinnerzielungsabsicht (z. B. durch die Vermietung und den Verkauf von Immobilien) sind Mehrkosten, die finanziell nicht kompensiert werden können, nicht akzeptabel. Auch müssen i. d. R. private Bauherr:innen, die ein Eigenheim kaufen, bauen oder renovieren aufgrund der hohen Kosten für den Erwerb und die Gebäudeerstellung sparsam kalkulieren.

Sollen in Gebäuden gebrauchte Baumaterialien verwendet werden, die aufgrund bspw. der hohen Lohnkosten bei der Bergung oder der Materialqualität nicht günstiger als neue Materialien auf aktuellem technischen Stand sind, müssten die Mehrkosten durch finanzielle Anreize kompensiert werden, um die Wiederverwendung in der Breite zu ermöglichen.

---

## 7. Baukulturelle Aspekte

Das Bauen in Deutschland unterliegt stark gesellschaftlichen Normen und Moden, die über Medien, über Werbung, Handel und Industrie transportiert werden und einen bestimmten Zeitgeist bedienen. Diese Trends werden häufig von der Industrie und der Immobilienwirtschaft gesetzt mit dem Ziel, Kaufanreize zu geben und die Nachfrage hoch zu halten. Dies betrifft vorwiegend den Bereich der Massenmärkte, die breite Bevölkerungsschichten, vor allem die der unteren und mittleren Einkommen, bedienen. Das Angebot an Baumaterialien folgt daher in der Regel den gleichen Mustern wie das normaler Konsumgüter wie Kleidung oder Möbel, bei denen der Stil in mehr oder weniger regelmäßigen zeitlichen Abständen wechselt. Daher schwindet die Akzeptanz vergangener Stile und deren Erzeugnisse im Laufe der Zeit, sodass aus Status- und Repräsentationsgründen ältere Baumaterialien ohne Beachtung ihres materiellen und kulturellen Wertes entsorgt werden. Zwar existieren im Bereich der Konsumgüter Nischen für Gebrauchtprodukte (z. B. Secondhand, Flohmarkt, Vintage), doch fällt die Akzeptanz vergleichbarer alter Baumaterialien in der Breite der Gesellschaft aus Kostengründen oder aufgrund von Qualitätseinbußen eher gering aus, sodass für modische Rückgriffe auf die Vergangenheit (z. B. Retro-Chic, Shabby Chic) eigens Neuwaren produziert und angeschafft werden.

## 8. Fehlender wahrgenommener individueller Nutzen für Bauherr:innen

Der Vorteil der Verwendung von Gebrauchtmaterialien – ausgenommen von hochwertigen historischen Baustoffen – bemisst sich in erster Linie in der Schonung von Klima, Umwelt und Ressourcen sowie im Erhalt von Baukultur, also einem Nutzen von als abstrakt wahrgenommenen Allgemeingütern, während der unmittelbare finanzielle Nachteil die einzelnen Bauherr:innen trifft, deren pekuniäre Lage in den weitaus meisten Fällen angespannt ist. Dies führt in der individuellen Abwägung dazu, dass höheren Aufwand, größere Kosten und damit ein höheres individuelles Risiko bedeutende Lösungsansätze gemieden werden. Die Wahrnehmung globaler oder nationaler Probleme durch die Bürger:innen ist sehr an die persönlichen Erfahrungen des/der Einzelnen geknüpft. Hier stellt sich zudem eine Parallele zur Kluft zwischen der allgemeinen Wahrnehmung komplexer Sachverhalte und Problemlagen und dem Beitrag des Einzelnen ein (vgl. Klagen gegen Infrastrukturprojekte wie Windpark oder Verzichtsdebatten).

## 9. Konstruktiv-technische Schwierigkeiten

Der Ausbau von Baumaterialien aus Spendergebäuden und die Remontage in Neubauten oder bei Gebäudesanierungen stellt u. U. einen großen Aufwand dar, der nicht ohne weiteres von Laien oder fachlich nicht geschulten Handwerker:innen übernommen werden kann. Üblicherweise sind zahlreiche Baumaterialien fest verbunden mit dem Bauwerk (z. B. alte Türzargen), sodass eine zerstörungsfreie Bergung sehr aufwendig ist oder technische Hilfsmittel wie Spezialwerkzeuge o. ä. benötigt werden. Dies betrifft auch relativ leicht zu entnehmende Materialien, die entweder sehr große Dimensionen aufweisen oder schlecht zugänglich sind (bspw. Dachbalken, Dachpfannen), für deren Bergung Baugerüste und/ oder Kräne notwendig sind. Auch ist zu beachten, dass ein Wissen über Tragwerke und statische Besonderheiten vorhanden sein muss; ggf. muss für den sorgsameren Rückbau konstruktiver Bauteile neben dem Abbruchunternehmen auch ein Büro für Baustatik beauftragt werden.

Gleichermaßen erfordert der Umgang mit gebrauchten Materialien beim Einbau ein besonderes technisches bzw. handwerkliches Können und Wissen, sowohl in Bezug auf die Eignung des Baumaterials, die Verbindungsarten, das Zusammenwirken mit anderen Baustoffen, die Verarbeitung und Pflege u. v. m..

Die nötige Fachkunde, die handwerkliche Erfahrung und mit dem Umgang mit den Materialien verbundene Aufwand stellt viele Bauherr:innen und Handwerker:innen vor große Herausforderungen und entsprechende Kosten, sodass sie eine Wiederwendung – auch hochwertiger Materialien – nicht in Betracht ziehen.

---

Die Problematik der festverbauten Materialien in nicht lösbaren Verbindungen im Bestand wurde mittlerweile von den Planer:innen erkannt, wodurch das Konzept der Multifunktionalität und der reversiblen Konstruktionsdetails durch die Architekt:innen im Neubau in zunehmendem Maße umgesetzt werden.

### **10. Vorhandensein von Logistik- und Lagerflächen für Materialien**

Bereitsteller:innen von Baumaterialien aus Spendergebäuden, welche sich an die am Projekt beteiligten Personen gewandt hatten, erwarteten eine kurzfristige Abnahme der demontierten oder der zur Demontage anstehenden Baumaterialien, um zügig einen Gebäudeabbruch oder eine Sanierung vornehmen zu können. In den meisten Fällen besteht aus räumlichen und/ oder zeitlichen Gründen keine Möglichkeit, die Materialien vor Ort zwischenzulagern. In Anbetracht dessen, dass durch das Forschungsprojekt keine Lagerflächen zur Verfügung gestellt werden konnten, entschieden sich die Bieter:innen gegen eine Wiederverwendung und für eine Entsorgung auf dem herkömmlichen Wege, was für die Akzeptanz des Projektes nicht förderlich war.

### **11. Fehlen von Multiplikatoren vor Ort**

Die vorhandenen Netzwerke von Menschen vor Ort, die sich mit dem Thema Wiederverwendung aktiv beschäftigt hatten, bestand aus einem kleineren Personenkreis von handwerklich interessierten Menschen, die in ihrer Freizeit Re-Use-Projekte umgesetzt hatten und die sich dem Projekt gegenüber sehr aufgeschlossen zeigten. Trotz engagierter aktiver Mithilfe der beteiligten Personen und der Spitzen der Projektgemeinden ist es diesen als Multiplikatoren nicht in großem Maße gelungen, den Personenkreis z. B. über Vereinstätigkeiten, Lokalpolitik, Veranstaltungen und Feste in nennenswertem Umfang zu vergrößern und durch persönlichen Kontakt einen größeren Personenkreis für das Thema zu begeistern.

### **12. Thematische Fixierung von Politik und Öffentlichkeit auf das Thema Energieeinsparung beim Heizen**

Die aktuelle Klimaschutzdebatte in der Politik und den Medien fokussiert sich beim Gebäudesektor stark auf die Thematik der Reduzierung des Energieverbrauchs durch eine stetige Erhöhung des winterlichen Wärmeschutzes (Dämmung) sowie durch den Austausch von Heizsystemen (z. B. Umrüstung auf Wärmepumpen). Das Thema der grauen Energie, also der bei der Produktion von Baustoffen und Gebäuden benötigten Energie zumeist fossilen Ursprungs, welche im Falle einer Entsorgung der Baustoffe vernichtet wird, ist nicht mit der gleichen Präsenz in den öffentlichen Diskussion vertreten, wodurch das Thema im kollektiven Bewusstsein eine vergleichsweise geringe Bedeutung einnimmt und ein entsprechendes Umdenken und Handeln größerer Bevölkerungsteile unterbleibt.

### **13. Architekt:innen als Diskussionspartner:innen und Multiplikator:innen**

Nach der geringen Nachfrage nach Beratungsangeboten durch Bürger:innen, Architekt:innen und das Handwerk wurde entschieden, aktiv auf die Gruppe der Architekt:innen zuzugehen, da diese als hauptverantwortliche Entwurfsverfasser:innen und Planer:innen von Bauvorhaben sowie Berater:innen der Bauherr:innen über die notwendige Fachkompetenz sowie Steuerungsmöglichkeiten verfügen. Im Dialog mit den Architekt:innen war für das Forschungsprojekt vor allem von Belang, inwiefern das Thema der Kreislaufwirtschaft – vor dem Hintergrund der wachsenden Präsenz in den Medien – in der Planungspraxis angekommen ist und ob die erstellten Produkte des Weiterbildungspaketes (Plattform Bauteilkreislauf, Handbuch Baumaterialien wiederverwenden, Materialertragsrechner) als hilfreich angesehen werden. Es stellte sich insbesondere die Frage, ob für die Zukunft eine aktive Rolle bei der Planung und Umsetzung von Bauprojekten im Sinne der Kreislaufwirtschaft beabsichtigt wird, zumal die Berufsgruppe der Architekt:innen über die Möglichkeit verfügt, mit den Auftraggebern über umwelt- und ressourcenschonendes Bauen zu sprechen und Überzeugungsarbeit

---

im Sinne nachhaltiger Bauweisen zu leisten, was sie idealerweise als potenzielle Multiplikatoren für Nachhaltigkeitsthemen qualifiziert.

Innerhalb der Architekt:innen wird das Thema Kreislaufwirtschaft und Wiederverwendung von Baumaterialien oder ganzer Bauteile zunehmend thematisiert, nicht zuletzt da sich auch die Kriterien in der Vergabe öffentlicher Projekte, z. B. im Rahmen von VgV-Verfahren, erweitert haben. Auch wenn es noch wenig Erfahrungen aus der Praxis gibt, ist es offensichtlich, dass sich das Planen und Bauen grundsätzlich ändern wird und eine neue Planungskultur im Umbau erforderlich ist. Das Zögern beruht auf den offenen Fragen der Gewährleistung und der Haftung (vgl. Experteninterview 01, S. 4; Experteninterview 22, S. 3).

Die Nachhaltigkeitskriterien in den Vergabeverfahren öffentlicher Aufträge sind ein deutlicher politischer Hinweis, der gleichermaßen von den Auslober:innen, den Städten und Gemeinden wie auch den Büros für die Verfahrenbetreuung getragen wird. Der Nachweis der Erfüllung der Kriterien ist allerdings dem Planungsstand entsprechend weder leistbar noch überprüfbar, auch nicht unter Einbeziehung von Fachingenieur:innen bei der Vorprüfung.

Um in einem ersten Schritt die Wahrnehmung des Forschungsprojektes WieBauin in der genannten Zielgruppe weiter zu erhöhen, wurden von 2021 bis 2023 mehrere Anfragen bzgl. einer Zusammenarbeit an die Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen (AKH) gestellt. Diese wurden von den dort zuständigen Stellen positiv aufgenommen, eine Konkretisierung der Kooperation und weitere Schritte seitens der AKH blieben jedoch aus. Im Zuge des Aufrufs der Kammer zur Mitarbeit im Forum Hochbau und der Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit wurde zu Jahresbeginn nochmals eine Mitwirkung des Forschungsprojekts angeboten. Die Geschäftsführung der Kammer stellte eine Integration von Erkenntnissen des Forschungsprojekts und eine Diskussion in Aussicht, ohne jedoch auf eine Beteiligungsmöglichkeit in den Foren und Arbeitsgruppen einzugehen.

Daher wurden Inhaber:innen von Architekturbüros auf direktem Wege kontaktiert und auf die Themen Wiederverwendung, Recyclingbaustoffe und ‚Design for Deconstruction‘ (in den Entwurfsprozess integrierte Rückbauplanung) angesprochen. Dabei sollten die Ergebnisse des Projekts kritisch erörtert und versucht werden, über die Region hinaus potenzielle Multiplikatoren einzubeziehen. In verschiedenen Treffen und Veranstaltungen konnten Architekt:innen gewonnen werden, die ein großes Interesse am Projekt WieBauin hatten. Bei dieser Gelegenheit wurde auf die erstellten Produkte des Weiterbildungstools hingewiesen; zum E-Book des Handbuchs Baumaterialien wiederverwenden wurde den befragten Architekt:innen ein Link zugesandt. Mit insgesamt 30 Architekt:innen wurden die Beratungsbroschüre und das Handbuch geteilt sowie über Ideen, Chancen und Risiken in der Wiederverwendung von Baumaterialien diskutiert.

Der Blick auf die Architektenschaft ist auf die besonderen Beiträge und Projekte der Vorreiter in Re-Use und Recycling wie das dänische Büro Lendager und das Basler ‚Baubüro in situ‘ gerichtet. In Deutschland sind insbesondere Projekte von Cityförster Architekten aus Hannover – verantwortlich für das ‚Recyclinghaus Hannover‘ – vieldiskutierte Beiträge zur Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft. Aus den Projekterfahrungen wird deutlich, dass die verantwortlichen Planer:innen schritt- bzw. projektweise ihr Wissen um Möglichkeiten in der Wiederverwendung von Baumaterialien aufgebaut und erweitert haben. Es geht dabei sowohl um Prozess- wie auch um Methodenkompetenz. Es ist eine wichtige Erfahrung, dass die meisten Baumaterialien in Spendergebäuden zuerst entdeckt werden müssen, bevor sie in den architektonischen Entwurf integriert werden können. Die Baumaterialien werden mit hohem Aufwand gereinigt, behandelt und aufgearbeitet, damit sie in ihrer Materialität eine hochwertige und zeitgemäße Anmutung erhalten.

Die Bedeutung regionaler Wertschöpfungsketten wird allgemein anerkannt. Als Standards in Wettbewerbsverfahren gelten heute schon der Bestandserhalt, die Bevorzugung regionaler Materialien und mit wachsendem Interesse die Verwendung von Recyclingbeton. Die Chance, mit regionalen Materialien in der Wiederverwendung einen hochwertigen gestalterischen Beitrag im Hochbau oder im Landschaftsbau leisten zu können, ist

---

unter den Architekt:innen unbestritten. Die Fähigkeit zum Neuinterpretieren von Räumen und Materialien ist ohnehin eine zentrale Qualifikation für den Umgang mit dem Bestand. Die Beiträge in den Fach- und Verbandszeitschriften sowie die intensive Diskussion in und mit der Architektenschaft zeigen, dass der ressourcenschonende Umgang mit Flächen, die Einsparung neuer Rohstoffe und die Vermeidung von Abfällen gegenwärtig immer mehr in den Mittelpunkt der Arbeit der Architektenschaft und ihrer Berufsverbände rücken.

Bei der Befragung der Architekt:innen konnte allgemein ein großes Interesse festgestellt werden, auch wenn ihr eigener Beitrag und ihr Engagement zur Wiederverwendung von Baumaterialien größtenteils verhalten ist. Als Grund hierfür wird vor allem genannt, dass die notwendigen Leistungen für die Wiederverwendung von Baumaterialien nicht im klassischen Leistungsumfang der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) berücksichtigt werden und damit als Leistung auch nicht abbildbar sind. Gleiches gilt für die Versicherung der Architektenleistungen.

Insbesondere die umfangreichen Vorarbeiten in den ersten Leistungsphasen (Mapping, Konzept für Ausbau und Recycling eines Bauteils, architektonischer Entwurf und konstruktive Leitdetails für wiederverwendete Baustoffe, Kostenberechnung für Re-Use und Recycling im Vergleich mit konventionellem Neubau, Planung der Baustelleneinrichtung und des Zwischenlagers), die notwendig sind, um der Bauherr:in vor der Genehmigungsplanung ein belastbares Entwurfskonzept mit Re-Use- und Recycling-Elementen vorlegen zu können, überschreiten den konventionellen Leistungsumfang. Zugleich sind die geleisteten Aufwendungen nicht im Rahmen der HOAI als Honorarkosten anrechenbar.

Sollen Baumaterialien wiederverwendet werden, muss die Planungsphase in die frühen Leistungsphasen 1 bis 3 (Grundlagenermittlung, Vorplanung, Entwurfsplanung) der HOAI vorgezogen werden. Das hat zur Folge, dass der Hochbauentwurf und die Detailplanung in iterativen Schritten gleichzeitig entwickelt werden müssen (vgl. Experteninterview 04, S. 3, 9f. und 16). Auch für die Baugenehmigungsplanung sind zusätzliche Planungsleistungen notwendig. Ein großer Anteil an Sonderleistungen (Brandschutz, Schadstoffprüfung, Röntgenaufnahmen von Stahlbetonbauteilen für den Nachweis ihrer Tragfähigkeit, Einzelfallzulassung u. v. m.) sind u. U. erforderlich. Die übliche Kostenschätzung kann im Vergleich zu konventionellen Lösungen keine ausreichende Kostensicherheit geben, weshalb bereits im frühen Planungsstadium eine differenzierte Kostenberechnung notwendig ist, um die wirtschaftliche Tragfähigkeit nachzuweisen. Das Risiko für die Architekt:innen wird damit schon in die frühen Planungsphasen vor der Baugenehmigung und der eigentlichen Ausführungsplanung vorgezogen.

Der befragte dänische Architekt Anders Lendager, Pionier in Nachhaltigkeitsfragen der Architektur und bei der Wiederverwendung von Baumaterialien, benennt als Lösungsansatz die Forschung und Entwicklung von Detaillösungen eines Bauwerks über eine Vielzahl von 1:1-Modellen, sog. Mockups, die den Vorteil bieten, auch die Qualitäten zeigen zu können, die im klassischen Planwerk nicht darstellbar sind. Diese Mockups nehmen eine besondere Rolle in der Kommunikation mit der Bauherrschaft und Planungsbehörden ein, um zeigen zu können, wie ein Fassaden- oder Wanddetail mit wiederverwendeten Bauteilen und Baustoffen aussieht. Mockups sind zugleich notwendig, um den Brandschutznachweis zu führen und Einzelfallzulassungen für die Planungsdetails zu bekommen. Diese aufwendigen Nachweise seien allerdings mit sehr hohem Zeit- und Kostendruck verbunden (Lendager 2023)<sup>8</sup>.

Gleiches gilt auch für die nachgelagerten Planungs- und Bauleitungsphasen bis hin zur Dokumentation. Die Logistik auf der Baustelle, die Zwischenlagerung und Aufarbeitung der gebrauchten Baumaterialien, die

---

<sup>8</sup> Anders Lendager nennt als Beispiel die Kosten von 400.00 Euro für ein Mockup für die Einzelfallzulassung eines Fassadendetails für das Bauvorhaben Karstadt Berlin-Hermannplatz. Der Zeitrahmen für den Brandschutztest betrage 3 h im Labor einschließlich des Auf- und Abbaus. Das erste Mockup habe den Brandschutztest nicht bestanden und sei in Flammen aufgegangen, erst mit dem zweiten Mockup sei der Nachweis gelungen.



---

Umsetzung und Realisierung von Sonderlösungen erfordert auch einen Mehraufwand in diesen HOAI-Leistungsphasen.

Im Blick auf Haftung und Gewährleistung sind im Gegensatz zu Standarddetails „nach dem gegenwärtigen Stand der Bautechnik“ die Risiken auf Seiten der Architekt:innen erhöht. Anders Lendager erklärt im Gespräch, dass aus Gründen der Produkthaftung oft nur die Möglichkeit verbleibe, eine weitere Firma zu gründen, die die Aufarbeitung, den Einbau und die Haftung für das wiederverwendete Baumaterial übernehmen könne. So sei Recycling-Beton zunächst in einem eigenen Unternehmen hergestellt worden, bis sieben Jahre später der erste gewerbliche Unternehmer bereit war, in diesen inzwischen wirtschaftlich tragfähigen Markt einzusteigen. (Rudolph-Cleff 04.07.2023)

Die Bauteilbörsen und -plattformen eignen sich nach den Erfahrungen von Architekt:innen nur bedingt, um Materialien für Bauvorhaben bereitzustellen – im Vorzeigeprojekt ‚Recyclinghaus Hannover‘ konnten nur wenige Objekte aus der örtlichen Bauteilbörse Hannover-Glocksee verwendet werden, da nicht genügend Informationen zu den angebotenen Bauprodukten vorhanden waren, was als großes Hemmnis wahrgenommen wurde (vgl. Experteninterview 04, S. 2). Hinzu kommt, dass die Bauprodukte meist nicht zum erforderlichen Zeitpunkt zur Verfügung stehen und eine ausreichende Professionalisierung (z. B. Ausstattung mit Personal) selten gegeben ist.

Wie wichtig funktionierende Netzwerke für die Wiederverwendungsvorhaben sind, zeigte sich in nahezu jedem Interview, indem das Thema der Bezugsquellen von Materialien, deren Weiterverarbeitung oder Dienstleistungen besprochen wurde (vgl. Experteninterview 04, S. 3; Experteninterview 11, S. 21, Experteninterview 14, S. 6f. und 27; Experteninterview 17, S. 6; Experteninterview 18, S. 5f.).

Von nahezu allen Beteiligten der im Rahmen des Projektes veranstalteten ersten öffentlichen Konferenz zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien im Sommer 2022 wurde einhellig der Vorschlag begrüßt, ein regionales Expertennetzwerk zur Wiederverwendung unter Einbeziehung möglichst vieler Akteur:innen einzurichten, dessen Mitglieder sich mehrmals im Jahr in gemeinsamen Treffen über die Themen Kreislaufwirtschaft, Recycling und Re-Use beraten und diskutieren. Dies zeigt, dass auch bei den Akteur:innen in der Projektregion das Bewusstsein vorhanden ist, dass Kooperationen und neue Partnerschaften von Nöten sind, um die Herausforderungen, die der Aufbau einer regionalen Kreislaufwirtschaft mit sich bringt, bewältigen zu können.

Über die regionalen Netzwerke hinaus bedarf es auch potenten Partnern aus der Politik und Verwaltung sowie einer finanziellen Ausstattung, die es ermöglicht, stabile Strukturen vor Ort zu etablieren, die langfristig und erfolgreich arbeiten können. Diese neuen Partnerschaften wurden im europäischen Ausland erfolgreich unterstützt durch gemeinnützige Geldgeber wie der philanthropischen Organisation Realdania (Dänemark) oder aus EU-Fonds wie EFRE, der z. B. das öffentlich-private Projekt ‚Le Bâti Bruxellois – Source de Nouveaux Matériaux (BBSM)‘, das sich mit ganzheitlichen Strategien zur Förderung der Kreislaufwirtschaft durch Re-Use- und Recycling in der Region Brüssel beschäftigte, förderte.

#### **4.6.4 Zwischenfazit**

Obwohl ein hohes Interesse an Fragestellungen der Nachhaltigkeit bei den Architekt:innen auszumachen ist, sind nach Auffassung der Architekt:innen die Rahmenbedingungen in Deutschland für die Wiederverwendung von Baumaterialien nicht ausreichend. Es sind neben den Produkthaftungsfragen vor allem die vergleichsweise hohen Kosten bei großem Aufwand und geringer Produktivität, die unstete Materialverfügbarkeit sowie die geringe Bereitschaft von Handwerker:innen (geringere Einkünfte durch Entfall des Gewinns aus dem Verkauf von neuen Bauprodukten) und der öffentlichen Hand (Ausschreibungspraxis bei der Vergabe öffentlicher Bauaufträge), die die Verwendung von Gebrauchtbaumaterialien stark behindern.

---

Während die Arbeit mit gebrauchten historischen Baumaterialien im Denkmalschutz schon lange erfolgreiche Praxis ist, stellen sich in der Wiederverwendung von Materialien und Baustoffen im Neubau und in der Sanierung von Bestandsgebäuden viele Fragen zu Wirtschaftlichkeit und Kostensicherheit, zu Produktqualität und Wertigkeit.

Im Blick auf die Wiederverwendung von Baumaterialien wird deutlich, dass einem hohen Mehraufwand in der Planung ein hohes Risiko für Architekt:innen gegenüber steht: im Blick auf das Haftungsrisiko (durch z. B. die Abweichung von Standarddetails, die Produkthaftung und die Abfall-Richtlinien), die erforderliche Kostensicherheit und den notwendigen wirtschaftlichen Vergleich zur konventionellen Planung und nicht zuletzt im Hinblick auf den Mehraufwand in Planung und Bauleitung, der ggf. nicht honoriert wird. Bestimmte Nachweise über die Qualität eines Produkts in der Wiederverwendung (Brandschutz, statische Eigenschaften, konstruktive Leitdetails) bedürfen der Einzelfallzulassung und stellen zudem eine hohe finanzielle Herausforderung für die zukünftigen Nutzer:innen dar. Der öffentlichen Hand kommt dabei im Re-Use und Recycling durch ihren großen Immobilienbestand eine besondere Rolle als Vorreiter zu, wie das Beispiel der Schweiz bzgl. Vorgaben zur Verwendung von RC-Beton zeigt (Stadt Zürich Hochbaudepartement 2017a; Stadt Zürich Hochbaudepartement 2017b).

Die Möglichkeiten der Zertifizierung eines Gebäudes (z. B. DGNB, LEED, CASUBEE u. a.) sind sehr erschwert, zugleich sind diese Zertifizierungen heute der Ausdruck und der Beleg für nachhaltiges Bauen. Die mit den Zertifizierungen verbundene Sicherheit für die Bauherr:innenschaften und die Öffentlichkeit, einen nachhaltigen Beitrag im Gebäudesektor zu leisten, kann mit den neuen und spezifischen Lösungen mit wiederverwendeten Bauteilen und Baumaterialien nicht in gleichem Maße erfüllt werden. Die Erstellung eines nachhaltigen Gebäudes ist mit einem hohen Anspruch verbunden, der glaubhaft belegt werden will. Der Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung durch Re-Use und Recycling kann natürlich auf dem rechnerischen Wege nachgewiesen werden, wird aber gegenwärtig nicht in den standardisierten Indikatoren der Zertifizierungssysteme erfasst. Zugleich gilt natürlich, dass der Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung durch Re-Use und Recycling auch von der erforderlichen Baustellenlogistik, den Transportwegen und -mitteln und den mit dem Bauprozess verbundenen Aufwendungen abhängig ist. Der Beitrag zur Ressourcenschonung und der baukulturelle Beitrag sind in diesen Bilanzierungen noch nicht enthalten. Umso wichtiger ist es, dass die Erfahrungen in der Wiederverwendung von Baumaterialien im Kreis der Bauverantwortlichen ausgetauscht werden. Der Austausch über neue Gestaltungsmöglichkeiten, konkrete Zahlen zum kostenneutralen Einsatz von wiederverwendeten Bauprodukten und Baustoffen im Vergleich zu konventionellen Bauprodukten und Baustoffen ist zentral für alle Bauverantwortlichen.

Die Umstellung vom linearen Bauen zum zirkulären Bauen verändert den Planungs- und Bauprozess grundlegend. Die Erweiterung des Berufsbildes von Architekt:innen durch die neuen Aufgaben des Weiterbaus im Bestand, durch die Wiederverwendung von Baustoffen und Baumaterialien und durch das zirkuläre Bauen sind gegenwärtig nicht in der Beschreibung von Planungs- und Bauprozessen und in der Bewertung von Nachhaltigkeit im Gebäudesektor erfasst. Um dem zirkulären Bauen die angemessene Bedeutung zukommen zu lassen, sind daher grundlegende Anpassungen von Leistungen und Leistungsindikatoren im Bereich der Planungs- und Bauleistungen sowie der Beratungsleistungen und in der Evaluation nachhaltigen Bauens im Gebäudesektor notwendig. Eine grundlegende Überarbeitung und Neudefinition der Leistungsphasen in der HOAI ist ebenso angezeigt wie eine Anpassung und Neudefinition der Kriterien in den Standards in der öffentlichen Förderung und der Zertifizierungen. „Die bestehenden Grenzen zu überwinden und zu einer nachhaltigen Transformation entlang der Wertschöpfungskette beizutragen“<sup>9</sup>, erfordert im Blick auf das Ressourcenmanagement und den

---

<sup>9</sup> „We have learned to plan with our clients from the due diligence phase to the realized building based on our understanding of material flows.“ (Rudolph-Cleff 04.07.2023).

---

Lebenszyklus eines Gebäudes ein anderes Verständnis von zukunftsweisenden Lösungen im Bauwesen. (Rudolph-Cleff 04.07.2023)

Der Entwurf von Gebäuden und Gebrauchsgegenständen wird durchaus als Chance und Schlüssel verstanden, einen innovativen Beitrag zur nachhaltigen Transformation im Gebäudesektors zu leisten. Das Bauen wird als Teil des Problems, aber auch Teil der Lösung gesehen. Die Tatsache, dass die befragten Architektinnen und Architekten trotz aller Herausforderungen und Unwägbarkeiten dennoch in der Wiederverwendung von Baumaterialien ein zentrales Zukunftsthema sehen, spricht für ihr Verantwortungsgefühl und ihr Umweltbewusstsein.

Während die rechtlichen Aspekte wie Produktrecht, Baurecht, Werkvertragsrecht oder Honorarordnungen nur auf Ebene der Gesetzgeber (Europäische Union, Bund, Länder) zugunsten einer Kreislaufwirtschaft verändert werden können, bestehen vor Ort durchaus Potenziale auf der Ebene der regionalen Akteur:innen, was die seit langem erfolgreich existierenden Beispiele in Deutschland (z. B. Bauteilbörsen in Bremen, Brandenburg und Gronau) und die sich darum gebildeten regionalen Netzwerke, die auf gemeinsamen Zielen, Interessensausgleich und gegenseitigem Vertrauen aufgebaut sind, belegen. Vor allem dem Wissensdefizit und der geringen Bereitschaft vieler Akteur:innen, andere Wege zu beschreiten, kann durch Aufklärungsarbeit entgegengewirkt werden. Sind überzeugte Mitstreiter vorhanden, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, dass sich eingespielte Netzwerke von Bergebetrieben, Handwerker:innen, Händler:innen und Abnehmer:innen bilden, wodurch in der Folge die Materialverfügbarkeit erhöht und Kosten reduziert werden können. Die kleinteilige Betrachtung von Wohngebäuden im regionalen Maßstab im Rahmen des Forschungsprojekts WieBauin ist zielführend, um die Wiederverwendung von Baumaterialien einer breiten Öffentlichkeit als Teil einer neuen, nachhaltigen Baukultur nahezubringen, die maßgeblichen regionalen Akteur:innen zu aktivieren und das Bewusstsein zu fördern, dass mit der Entscheidung zur Wiederverwendung regionaler Bauprodukte ein nachhaltiger Beitrag in der Gestaltung von Gebäuden und Freianlagen geleistet werden kann und zugleich ein Stück kulturelles Erbe weitergetragen wird.

Soll die Wiederverwendung von Baumaterialien in größerem Umfang gelingen und allmählich zur Normalität werden, bedarf es anderer Ansätze: So existieren im angrenzenden Ausland erste Vorreiter im Bereich der Architektur, die sich wegen des hohen Aufwands, der schlecht kalkulierbaren Risiken und der geringen Wirtschaftlichkeit auf bestimmte Gebäudetypologien spezialisiert haben, wie bspw. große serielle Wohntypologien der 1960er und 1970er Jahre wie z. B. das Brüsseler Unternehmen Rotor, aber auch Unternehmen die sich unterschiedlichen Typologien, unterschiedlichen Reichweiten und unterschiedlichen Beratungsleistungen verschrieben haben, wie z. B. Lendager in Kopenhagen, welche ihre Bauvorhaben mit Gebrauchtmaterialien jedoch erst nach einer eingehenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und einer sorgfältigen Prozessoptimierung angehen. Gerade die Entwicklung eines Gebäude-Materialkatasters ist ein wichtiges Ziel für den Erfolg von Urban Mining. Die Erfassung von Spendergebäuden ist umso zielführender, wenn nicht nur Wohngebäude in der regionalen Betrachtung einbezogen werden, sondern auch andere Gebäudetypologien und Infrastruktureinrichtungen. Insbesondere größere Wohnanlagen, gewerbliche Einrichtungen, Produktionsstätten, Dienstleistungsbetriebe und Infrastruktureinrichtungen sind aufgrund ihrer Größe als Spendergebäude in wirtschaftlicher Hinsicht geeigneter als einzelne kleinteilige Wohngebäude, sowohl für die beauftragten Unternehmen wie auch für die Vermarktung. Um überhaupt konkurrenzfähig zu konventionellen Bauvorhaben zu sein, müssen bereits bei der Einschätzung von Spendergebäuden in erster Linie die Faktoren Zeit, CO<sub>2</sub> und Kosten möglichst präzise ermittelt und abgewogen werden (Rudolph-Cleff 04.07.2023)<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Lendager verweist darauf, dass das Büro mehr als 2 Mio. m<sup>2</sup> Nutzfläche von Gebäuden allein in Oslo erfasst habe, was in etwa 3 bis 4 Mio. Tonnen an Baumaterialien entspricht.

---

Regionale Bauteilbörsen und Beratungsangebote sind ein Anfang, aber kein Impuls. Im Vergleich mit erfolgreichen Online-Plattformen zeigt sich die Bedeutung von politischer Unterstützung für Nachhaltigkeitsprojekte im Bauwesen (z. B. Stadt und Kanton Zürich, Schweiz), von finanziellen Förderungen und Anreizen (z. B. in Dänemark über die philanthropische Organisation Realdania) und von Vorreitern wie dem Basler ‚Baubüro in situ‘ oder einem Büro wie Lendager (s. o.), die kreative Lösungen mit viel Kraft und hohem eigenem Engagement entwickeln.

#### **4.6.5 Weiterführende Erkenntnisse**

Über die in den vorangegangenen Kapiteln aufgeführten Erkenntnisse hinaus sind rechtliche Hürden für die Nutzung gebrauchter Baumaterialien relevant. Nachfolgend werden die Erschwernisse bei der Wiederverwendung gebrauchter Baumaterialien aufgezeigt und erläutert sowie die Übertragbarkeit auf andere Regionen in Deutschland abgeleitet.

#### **4.6.6 Rechtliche Hürden zur Nutzung gebrauchter Baumaterialien**

Im Rahmen des Forschungsprojektes konnten Erkenntnisse über rechtliche Hürden zur Nutzung gebrauchter Baumaterialien gewonnen werden. Die folgende Darstellung zeigt diese rechtlichen Hürden zur Nutzung gebrauchter Bauprodukte und anderer verwertbarer Baumaterialien zunächst grundsätzlich (Punkt 1) und ergänzend dazu entsprechend dem Prozess der Gewinnung (Punkt 2), Zwischenlagerung und Aufbereitung (Punkt 3) sowie Weiternutzung bzw. Verwertung (Punkt 4). Eine tabellarische Übersicht über die rechtlichen Hürden ist Anhang 10 zu entnehmen.

Neben Erkenntnissen, die aus Interviews mit Prozessbeteiligten gewonnen werden konnten, wird die im Auftrag des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie e. V. von Franßen/Nusser (Rechtsanwälte) erstellte Studie zu Regelwerken des Normungs- und technischen Zulassungswesens anhand des Themenkomplexes Recyclingverfahren und Weiter-/Wiederverwendung von Bauprodukten und Baustoffen (Halstenberg und Franßen 2022) herangezogen, auf deren weitere Ausführungen hier verwiesen wird. Abweichend von der Verwendung des Begriffs der Baumaterialien werden in diesem Kapitel die an diese zugrundeliegende Studie angelehnten Begriffe Bauprodukte und Baustoffe verwendet.

Der Einsatz von wiederverwendbaren Bauprodukten und verwertbaren Baumaterialien beschränkt sich daher aktuell im Wesentlichen auf den Einsatz von mineralischen Baustoffen (Betonbruch, Kies, Festgestein, Ziegel) im Bereich des Straßenbaus als Tragschicht oder als Schüttung. Im Hochbau kommt der Einsatz von RC-Beton (rezyklierte Gesteinskörnungen) bisher nur sporadisch zum Einsatz. Die Weiternutzung gebrauchter Bauprodukte beschränkt sich bisher vor allem auf kleine Anteile an vor allem historischen Bauprodukten, die entweder als Ersatz in historischen Gebäuden unmittelbar oder zu Gestaltungszwecken in Neubauten Einsatz finden.

##### **1. Grundsätzliche Hürden der Nutzung gebrauchter Bauprodukte**

- 1.1 Die bisherigen rechtlichen Vorschriften zu Anforderungen an Bauprodukte, Anforderungen für deren Verwendung sowie der Komplexität der Weiternutzung von Produkten und vor allem der darin enthaltenen „Rohstoffe“ sind eher auf den „einmaligen“ Gebrauch eines Produkts ausgerichtet bzw. diesen zumindest zu begünstigen und nicht auf die Weiter- oder Wiedernutzung von Produkten sowie den darin enthaltenen Wertstoffen (Halstenberg und Franßen 2022, S. 5).
- 1.2 Grundsätzlich sollte der Gesetzgeber eine effizientere Nachnutzung ermöglichen, was auf die direkte Wieder- bzw. Weiterverwendung des Materials und/ oder von Teilen des Produkts abzielt und das

- 
- Abfallrecht ausspart, indem das Produkt möglichst im Produktkreislauf verbleibt (Halstenberg und Franßen 2022, S. 8).
- 1.3 Damit gebrauchte Bauprodukte nicht zu Abfall im Sinne des § 3 Abs. 1 Satz 1 KrWG werden, müssen sie zum gleichen Zweck, zu dem sie ursprünglich hergestellt und im Bauwerk verwendet wurden, erneut verwendet werden. Dieser weitere Verwendungszweck muss dabei vor dem Ende der ersten Verwendung feststehen. Gibt der Berechtigte daher den Verwendungszweck ohne alternativen festgelegten Verwendungszweck auf, verliert das Produkt gleichsam in „einer logischen Sekunde“ seinen Produktstatus und wird zu Abfall. Diese enge Regelung führt zu Unsicherheiten bei den Beteiligten einer Weiternutzung gebrauchter Bauprodukte und schränkt die Verwendung gebrauchter Bauprodukte damit erheblich ein. Der Bundesgesetzgeber ist daher aufgefordert Regelungen zu treffen, die eine Klassifizierung gebrauchter Bauprodukte als Abfall möglichst vermeiden und hilft damit auch die Lagerung solcher, zur Weiternutzung vorgesehener gebrauchter Bauprodukte zu erleichtern. Das Bauprodukt sollte möglichst im Produktkreislauf verbleiben (Halstenberg und Franßen 2022, S. 8).
  - 1.4 Wird ein gebrauchtes Bauprodukt zu Abfall, muss es, um wieder als Produkt oder als Rohstoff in den Bereich des Produktrechts überführt werden zu können, erst die im Abfallrecht festgelegten positiven und negativen Produkt- und Materialeigenschaften gütegesichert erfüllen. Laut der Vorschriften ist zu beachten, dass keine Schadstoffe zurück in den Produktkreislauf gelangen und/oder dass Grenzwerte eingehalten werden. Damit sind die Anforderungen an diese Gütesicherung insgesamt oft aufwendiger, als wenn man den gleichen Rohstoff aus originären Quellen entnimmt. Gebrauchte Materialien sind damit im Nachteil, weil sie insgesamt strengere Bedingungen erfüllen müssen als ein originär gewonnener Rohstoff. Die Anforderungen an Stoffe und Produkte sollten, unabhängig davon ob sie originär oder recycelt sind, einheitlich zu fassen sein, d. h. es sind technische Normen und Vorschriften sowohl für originäre als auch für recycelte Produkte zu schaffen und vorhandene Vorschriften entsprechend zu ergänzen (Halstenberg und Franßen 2022, S. 7).
  - 1.5 Es sollte durch den Gesetzgeber ein Materialpass für Bauprodukte eingeführt werden, aus dem sich sowohl die stofflichen, technischen Informationen des Bauprodukts ergeben als auch die Risiken, die mit dem Material verbunden sein können (Halstenberg und Franßen 2022, S. 9).
  - 1.6 Das Abfallrecht des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sollte zu einem Abfallvermeidungsrecht fortentwickelt werden, sodass die für eine Baumaßnahme Verantwortlichen dazu verpflichtet werden, gebrauchte Bauprodukte möglichst so zu bewirtschaften, dass sie nicht zu Abfall werden (Halstenberg und Franßen 2022, S. 17).
  - 1.7 Obwohl das Kreislaufwirtschaftsgesetz die Priorisierung der Wiederverwendung und Verwertung (§ 6KrWG) vorschreibt, werden wiederverwendbare Bauprodukte oder verwertbare Baumaterialien nicht wie gesetzlich vorgesehen genutzt, sondern wahrscheinlich entsprechend des geringeren Zeit- und Kostenaufwands. Hier ist der Gesetzgeber gehalten, die bestmögliche Verwendung durch geeignete Instrumente zu fordern (z. B. Rückbau-/Umbau- und Weiternutzungs-/Verwertungskonzept, siehe Punkte 2.3 - 2.5).
  - 1.8 Zukünftig sollten Hersteller ihre Bauprodukte nur noch auf Zeit zur Verfügung stellen, d. h. sie müssen diese nach Abschluss der Nutzung in einer baulichen Anlage zurücknehmen, um diese möglichst als gebrauchte Bauteile einer Weiternutzung zuzuführen oder diese zur Herstellung neuer Produkte zu verwenden (Halstenberg und Franßen 2022, S. 9). So würden Produkte auf Langlebigkeit ausgelegt, Bauprodukte günstiger, das Rohstofflager stünde dem Hersteller zur Verfügung und es entstünde mit dem Ausbau eines Bauprodukts kein Abfall. Dementsprechend ist eine Rücknahmeverpflichtung von Herstellern von Bauprodukten, die auf eine mehrzyklische Nutzung von Bauprodukten bzw. Baumaterialien abzielt, sinnvoll.
  - 1.9 Der Ausbau, die Lagerung und die Vermarktung sowie der Einbau gebrauchter Bauprodukte und anderer verwertbarer Baumaterialien ist zwar ökologisch sinnvoll, aber bei der Mehrheit ist dies nicht

---

wirtschaftlich umsetzbar. Dies liegt vor allem darin begründet, dass die Vorteile für die Allgemeinheit (z. B. effizienter Umgang mit Ressourcen, reduzierter Ausstoß von Schadstoffen) in einem Geschäftsmodell monetär nicht abgebildet werden können. Hierbei handelt es sich um klassische, nicht internalisierte externe Effekte, da zwar die Herstellungs- und Ressourcenabbaukosten berücksichtigt werden, weitere indirekte Kosten der Gesellschaft, wie der erhöhte CO<sub>2</sub>-Ausstoß oder die Flächeninanspruchnahme auf Grund von Ressourcengewinnung, aber unberücksichtigt bleiben. Solche Effekte wären über eine Pigou-Steuer beeinflussbar.

- 1.10 Mit der Gründung einer Institution, die sich im Auftrag der Abfallwirtschaftsbehörde um die Nutzung gebrauchter Bauprodukte und anderer verwertbarer Baumaterialien kümmert, ließen sich gewisse wirtschaftliche Skaleneffekte erreichen. Allerdings lassen die bisher vorliegenden Erkenntnisse erwarten, dass dies für eine wirtschaftliche Nutzung gebrauchter Bauprodukte und anderer verwertbarer Baumaterialien nicht ausreicht. Hier fehlt bislang die gesetzlich geregelte Möglichkeit, dass entstehende wirtschaftliche Defizite, denen aber ökologische Vorteile gegenüberstehen, mittels Abfallgebühren refinanziert werden können.

## **2. Hürden bei der Gewinnung gebrauchter Bauprodukte und anderer verwertbarer Baumaterialien**

- 2.1 Abbruch und Umbau von baulichen Anlagen sind teilweise, je nach Bundesland unterschiedlich, ohne Baugenehmigung möglich. Dabei anfallende gebrauchte Bauprodukte unterliegen im Regelfall dann dem Abfallrecht (siehe Punkte 1.1 und 1.2). Es fehlt aber bisher der Ansatz der Weiternutzung gebrauchter Bauprodukte außerhalb des Abfallrechts (siehe Punkt 1.1) Vorrang vor der Behandlung als Abfall (siehe Punkt 1.2) einzuräumen und, sollte das gebrauchte Bauprodukt als Abfall klassifiziert werden, der Wiederverwendung Vorrang einzuräumen (§ 6 Abs. 1 Nr. 2 KrWG).
- 2.2 Außerhalb des Baugenehmigungsverfahrens sollte daher der Abbruch und auch der Umbau von baulichen Anlagen mit einem generellen Erlaubnisvorbehalt aus umweltrechtlicher Sicht versehen werden (so bzgl. des Abbruchs baulicher Anlagen auch Halstenberg und Franßen (2022, S. 19)).
- 2.3 Daher sollte, aufbauend auf dem Vorschlag Halstenberg und Franßen (2022, S. 19) folgend, eine gesetzliche Regelung bzw. Regelungssystematik auf Bundesebene für ein Rückbau-/Umbau- und Weiternutzungs-/Verwertungskonzept getroffen werden, das die Rückgewinnung von gebrauchten Bauprodukten und Rohstoffen fordert und damit die für eine Kreislaufwirtschaft erforderliche Materialverfügbarkeit effektiver absichert. Dabei könnten auch, zur Vermeidung der Vernichtung von in baulichen Anlagen gebundener ‚grauer Energie‘, verbindliche Kriterien für den Erhalt, zumindest von Teilen der Bauwerke, vorgesehen und damit der Rückbau selektiv begrenzt werden.
- 2.4 Damit wird die Produktverantwortung des Eigentümers/Bauherrn bzw. der Eigentümerin/Bauherrin gestärkt und mit dem Rückbau-/Umbau- und Weiternutzungs-/Verwertungskonzept, zu dessen Umsetzung er sich Bauunternehmen und Spezialisten zur Nutzung gebrauchter Bauteile bzw. Verwertung bedient, das Bauprodukt- und Rohstofflager der zum Abbruch bzw. Umbau anstehenden baulichen Anlage erschlossen und dem Markt zur Verfügung gestellt.
- 2.5 In der Vergangenheit wurden auch Baumaterialien verwendet (z. B. Asbest, HBCD) bzw. verwendete Bauprodukte nach dem Einbau außerhalb des Einflussbereichs des Herstellers behandelt (z. B. PCP-, Lindan- oder DDT-haltige Holzschutzmittel), die aus heutiger Sicht gefährlich und auch ansonsten geeignet sind, gegenwärtig oder künftig das Wohl der Allgemeinheit, insbesondere die Umwelt, zu gefährden. Die beabsichtigte weitere und rechtmäßige Verwendung gebrauchter Bauprodukte darf zu einem späteren Zeitpunkt nicht wieder ungewiss werden, sondern muss bis zur erneuten Verwendung kontinuierlich sicher sein. Daher fordern Halstenberg und Franßen (2022, S. 16) zur Sicherstellung dieser Forderung zu Recht drei Maßnahmen:

- 
- 2.6 Die gebrauchten Bauprodukte, die weitergenutzt werden können, sollten schon vor dem Ausbauezeitpunkt sehr spezifisch und als gesonderte selbstständige Fraktion (nach Produktart und Produkttyp bzw. Materialart und Materialtyp) und weitgehend frei von Fremd-, Stör- und Schadstoffen erfasst (Bauteil- und Materialerkundung mit Rückbau-/Umbau- und Weiternutzungs-/Verwertungskonzept, siehe Punkte 2.3 und 2.4) und nachfolgend ein selektiver Rückbau vorgenommen werden.
  - 2.7 Hierzu müssen die im Bauwerk verwendeten Bauprodukte mittels einer Bauwerkserkundung identifiziert und auf der Grundlage eine Rückbauplanung erstellt werden.
  - 2.8 Auf der Grundlage der Rückbauplanung für den selektiven Rückbau sollten nach Möglichkeit Vertragsketten bzw. ein Vertragsnetzwerk eingerichtet werden, über die der in der Rückbauplanung und dem Verwendungskonzept jeweils vorgesehene Weiterverwendungszweck für die selektiv zurückgebauten gebrauchten Bauprodukte rechtlich verbindlich festgelegt und dokumentiert wird sowie tatsächlich realisiert werden kann.

### **3. Hürden bei der Zwischenlagerung und Aufbereitung gebrauchter Bauprodukte und anderer verwertbarer Baumaterialien**

- 3.1 Werden gebrauchte Bauprodukte als Abfall klassifiziert (siehe Punkt 1.2) unterliegt die zeitweilige Lagerung am Entstehungsort keiner Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), wenn diese nicht länger als zwölf Monate andauert. Gleiches gilt auch für andere verwertbare Baumaterialien. Sobald beide aber vom Entstehungsort entfernt werden, bedarf die Zwischenlagerung nicht gefährlicher Abfälle nach Anhang 1 Nr. 8.12.2 zur BImSchV ab einer Gesamtlagerkapazität von 100 t, die Zwischenlagerung gefährlicher Abfälle nach Anhang 1 Nr. 8.12.1.2 zur 4. BImSchV ab einer Gesamtlagerkapazität von 30 t bis 50 t einer Genehmigung nach BImSchG im vereinfachten Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG. Bei gefährlichen Abfällen muss ab 50 t ein vollumfängliches Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG durchgeführt werden. Sollen nicht gefährliche Abfälle länger als ein Jahr am selben Ort gelagert werden (Langzeitlager), ist eine Genehmigung nach Anhang 1 Nr. 8.14 zur 4. BImSchV erforderlich (Vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG bei weniger als 150 t, ansonsten vollumfängliches Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG). Aufgrund dieser Regelungen entsteht bei der Lagerung von gebrauchten Bauprodukten, die als Abfall klassifiziert werden oder anderen verwertbaren Baumaterialien ein zusätzlicher Genehmigungsaufwand, wenn diese im Sinne einer Weiternutzung oder Verwertung, bspw. auf einem kommunalen Bauhof, zwischengelagert werden. Um hier die Weiternutzung gebrauchter Bauprodukte zu fördern, muss sowohl die Zuordnung solcher Bauprodukte zum Abfall vermieden werden (siehe Punkt 1.1) wie auch die Genehmigungspflichtigkeit der Zwischenlagerungen als Abfall eingestuft gebrauchter Bauprodukte bzw. verwertbarer Baumaterialien gelockert werden.
- 3.2 Aus Interviews mit Abbruchunternehmern und RC-Betonhändlern hat sich die Schwierigkeit ergeben, dass trotz Nutzung modernster Technik das Brechen von Beton und anderen mineralischen Baumaterialien mit einem mobilen Brecher am Abfallentstehungsort nicht genehmigt wird, obwohl das gebrochene Material vor Ort wieder eingebaut werden soll. Obwohl eine Genehmigungspflicht nach der 4. BImSchV für die Behandlung (brechen, klassieren) von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen nach den Nummern 8.11, 8.12 und ggf. 8.14 des Anhangs 1 zur 4. BImSchV grundsätzlich nicht besteht, wenn die Betriebsdauer von weniger als einem Jahr am Entstehungsort des Abfalls stattfindet, müssen dennoch die materiellen Anforderungen nach §§ 22ff BImSchG eingehalten werden, z. B. die Anforderungen der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm). So können nach § 25 Abs. 2 BImSchG die Errichtung oder der Betrieb einer Anlage ganz oder teilweise untersagt werden, wenn die von der Anlage hervorgerufenen schädlichen Umwelteinwirkungen das Leben oder die Gesundheit von Menschen oder bedeutende Sachwerte gefährden und die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft

---

nicht auf andere Weise ausreichend geschützt werden kann. Dies führte nach Aussage der Interviewten in einem Einzelfall dazu, dass erhebliche Mengen Betonbruch (25.000 t = 1.000 Sattelkipper) über größere Strecken (40 km einfache Strecke) transportiert werden mussten, um dort gebrochen und anschließend zurückgefahren zu werden. Hier sollte der Gesetzgeber prüfen, ob befristet und auf das notwendige Maß beschränkt eine erhöhte Lärm- und Staubbelastung für Anwohnende hinzunehmen ist, um ansonsten allgemein und andernorts entstehende Umweltbeeinträchtigungen (hier: Lärm- und Staubbentwicklung sowie Treibhausgasausstoß durch den Transport) zu vermeiden.

#### **4. Hürden bei der Nutzung gebrachter Bauteile und anderer verwertbarer Baumaterialien**

- 4.1 Die (europäische) Bauproduktenverordnung (BauPVO) leistet keinen unmittelbaren Beitrag zur Weiter-/Wiederverwendung von Bauprodukten, da es nicht zwischen neuen und gebrauchten Bauprodukten unterscheidet. Es ist kein Baurecht, sondern Teil des europäischen Wirtschaftsrechts und soll zur Bildung eines europäischen Binnenmarktes beitragen. Aus diesem Grund werden die Hersteller von Bauprodukten, die von einer harmonisierten technischen Spezifikation erfasst werden, verpflichtet, Angaben zu Leistungen ihrer Bauprodukte nur im Rahmen von Leistungserklärungen zu machen (Art. 4 Abs. 1 EU-BauPVO). Bauprodukte für die eine Leistungserklärung erstellt wurde, müssen mit dem Inverkehrbringen eine CE-Kennzeichnung tragen (Art. 8 Abs. 2 EU-BauPVO). Die Länder der EU dürfen weder direkt noch indirekt Anforderungen an Bauprodukte stellen dürfen, die europäisch genormt sind. Ein Bauprodukt, das die CE-Kennzeichnung trägt, darf daher in Deutschland verwendet werden, wenn die (in der Leistungserklärung) erklärten Leistungen den in den bauordnungsrechtlichen Vorschriften festgelegten Leistungsanforderungen für diese Verwendung entsprechen (§ 16c MBO; Art. 8 Abs. 4 EU-BauPVO) (Halstenberg und Franßen 2022, S. 24f.). Insofern ist der EU-Gesetzgeber gefordert, hier ergänzende Regelungen zu treffen, damit gebrauchte Bauprodukte bzw. aus verwertbaren Baumaterialien gewonnene Rohstoffe auf einfache Weise eine CE-Kennzeichnung erhalten können, um deren Einsatz zu erleichtern. Individuelle Prüfungen von aus einer baulichen Anlage entnommener gebrauchter Bauprodukte, auch wenn diese zusammenfassend geprüft werden können, erzeugen zusätzliche Kosten und verhindern eine Weiternutzung.
- 4.2 Die aktuellen Ökodesign-Vorgaben der Richtlinie 2009/125/EG sehen vor, dass der Geltungsbereich, der sich ursprünglich auf Energieverbrauchende Produkte beschränkte, auch auf solche Produkte erweitert wurde, die nicht selbst Energie verbrauchen, die aber durch ihre Verwendung den Verbrauch von Energie „in irgendeiner Weise“ (Art. 2 r. 1 der R 2009 125 EG) beeinflussen. Der Erwägungsgrund Nr. 4 der RL 2009/125/EG nennt beispielhaft Bauprodukte wie Fenster und Isoliermaterialien oder den Wasserverbrauch beeinflussende Produkte wie Duschköpfe und Wasserhähne. Dementsprechend gilt das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG), mit dem die Ökodesign-Richtlinie in Deutschland umgesetzt worden ist, auch für die entsprechenden Bauprodukte. Der Gesetzgeber hat die Problematik eines „erneuten“ Inverkehrbringens aber auch hier bislang nicht hinreichend berücksichtigt. Durch die EU-BauPVO werden zwar Regelungen zur Nutzung von gebrauchten Bauprodukten und gebrauchten Bauelementen getroffen (Art. 2 Abs. 2 EU-BauPVO), die aber im Kern dazu führen, dass Baubetriebe, die Material wieder- oder weiterverwenden zu Herstellern werden und die entsprechenden Verpflichtungen erfüllen müssen (Halstenberg und Franßen 2022, S. 30). Dies ist aber nicht praxisgerecht.
- 4.3 Das Vergaberecht lässt aktuell bereits die Verwendung gebrauchter Bauprodukte oder von Recycling-Produkten zu. Gleichwohl schrecken die Auftraggeber vor der Ausschreibung oder einer Angebotszulassung dieser Produkte zurück. Dies ist aber weniger eine Frage des Vergaberechts, sondern vielmehr des Vertragsrechts (Leistungsbeschreibungen). Dieses Verhalten beruht nicht zuletzt darauf, dass Auf-



---

traggeber recycelten Materialien ‚misstrauen‘ und die Befürchtung besteht, dass eventuelle Schadenersatzansprüche gegenüber dem Bauunternehmer nur mit größerem Aufwand durchzusetzen sind. Eine rechtlichen Vorgabe, recycelte Produkte oder Materialien auszuschreiben, löst die Problematik aber nicht, da, selbst wenn einschlägige Normen und/oder technischen Baubestimmungen Recyclat-Anteile oder Recyclat-Materialien vorsähen, die zivilrechtlichen Probleme dadurch nicht beseitigt würden (Halstenberg und Franßen 2022, S. 13). Diese können nur gelöst werden, indem der Auftraggeber den Auftragnehmer von einer entsprechenden Haftung (Missachtung der anerkannten Regeln der Technik) freizeichnen und selbst die Haftung für die Verwendung der entsprechenden Materialien übernehmen muss. Das bedeutet nicht, dass der Bauunternehmer ‚ungeeignete‘ oder ‚mangelhafte‘ Produkte einsetzen kann, sondern dass sich im Falle eines Schadens der Auftraggeber sich nicht einfach darauf berufen kann, dass die anerkannten Regeln der Technik verletzt worden seien (Halstenberg und Franßen 2022, S. 14).

- 4.4 Öffentliche Bauherr:innen sollten im Zuge Ihrer Vorbildfunktion ihre Baumaßnahmen so planen, dass geeignete und qualitätsgesicherte rezyklierte Gesteinskrönungen insbesondere im Recyclingbeton zumindest gleichberechtigt (so § 2 Abs. 2 Satz 1 KrWG NRW), besser aber vorrangig, mit Baustoffen eingesetzt werden können, die auf Basis des Einsatzes von Primärrohstoffen hergestellt wurden. Das sollte entsprechend auch für andere zulässige wiederverwendbare Bauprodukte gelten, die unter Einsatz von Stoffen aus industriellen Prozessen hergestellt werden, sofern sichergestellt ist, dass diese Bauprodukte die für die jeweilige Verwendung anzuwendenden Produkt-, Umwelt- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllen und insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führen (so § 2 Abs. 2 Satz 2 KrWG NRW).
- 4.5 Bisher fehlen jegliche Anreize für Bauherr:innen, beim Neu- oder Umbau von baulichen Anlagen gebrauchte Bauprodukte oder verwertbare Baumaterialien einzusetzen. Denkbar wären finanzielle Anreize, z. B. über eine Anrechnung eingesparter CO<sub>2</sub>-Äquivalenzen durch die Verwendung gebrauchter Bauprodukte oder verwertbarer Baumaterialien in Form von handelbaren Zertifikaten. Denkbar wären aber auch Regelungen analog zum Ansatz des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG), nach dem ein gewisser Anteil des Energiebedarfs eines Neubaus durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss. Dementsprechend bedarf es Regelungen des Bundesgesetzgebers, dass ein gewisser Anteil an gebrauchten Bauprodukten oder verwertbaren Baumaterialien verwendet werden müssen.
- 4.6 Im Forschungsprojekt hat sich gezeigt, dass zumindest im Landkreis Darmstadt-Dieburg, verwertbare Baumaterialien, hier vor allem Betonbruch, nicht zu dem aus ökologischen Gründen besten Zweck verwendet werden, hier nämlich als Recycling-Beton, sondern im Tief- und Straßenbau eingesetzt werden. Auch im Tief- und Straßenbau verwertbare Baumaterialien werden stattdessen deponiert. Der Bundesgesetzgeber wäre daher gehalten, eine im ökologischen Sinn möglichst hochwertige Verwertung zu fordern, um so die Nutzung primärer Rohstoffe zu vermeiden und wertvollen Deponieraum nicht für verwertbare Baumaterialien zu verschwenden. Das Abfallrecht des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sollte dementsprechend zu einem Abfallvermeidungsrecht fortentwickelt werden (siehe Punkt 1.3).

#### **4.6.7 Interviews mit Abbruchunternehmern und Ergebnisse Runder Tisch im Forschungsprojekt WieBauin**

Um aktuell bestehende Herausforderungen bei der Wiederverwendung von Baumaterialien bei Abbruchvorhaben sowie eine fachliche Einschätzung zum Projektansatz aus Sicht von Abbruchunternehmen zu erhalten wurden im Frühjahr 2021 Interviews mit zwei Geschäftsführern von zwei Abbruchunternehmen anhand des nachstehenden Interviewleitfadens geführt. Die Ergebnisse dieser Interviews werden nachfolgend zusammengefasst und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

---

#### 4.6.7.1 Vorbemerkungen

Die Experten haben den jeweils folgenden fachlichen Hintergrund:

Experte A ist Geschäftsführer eines kleineren Abbruchunternehmens im Süden Rheinland-Pfalz, der seit vielen Jahren selbst die Abbrüche vor Ort leitet. Experte B ist Geschäftsführer eines größeren Abbruchunternehmens in Südhessen und gleichzeitig Vorsitzender eines Landesverbands von Abbruchunternehmen.

Den Experten wurden die nachfolgenden Fragen bei den Interviews gestellt, die ihnen im Vorfeld bekannt gemacht wurden:

1. Bitte beschreiben Sie Ihre Erfahrungen im Bereich Abbruch von Gebäuden.
2. Welche aktuellen Herausforderungen beim Abbruch von Gebäuden bestehen Ihrer Meinung nach?
3. In welchem Umfang erfolgt bisher ein Recycling bzw. eine Wiederverwendung von Bauteilen und anderen Baumaterialien?
4. Sehen Sie Ihrer Meinung nach Möglichkeiten, dass Bauteile und andere Baumaterialien in einem größeren Umfang einer unmittelbaren Wiederverwendung zugeführt werden? Welche Hinderungsgründe für eine solche Wiederverwendung bestehen bisher und welche Maßnahmen (z. B. Unterstützung bei der Vermarktung, Änderung gesetzlicher Regelungen) müssten ergriffen werden, um diese Hinderungsgründe zu beseitigen?
5. Welche Voraussetzungen müssten Ihrer Meinung nach für eine Abbruchfirma geschaffen werden, damit diese stärker die Wiederverwendung von Bauteilen und anderen Baumaterialien bei Abbrüchen berücksichtigt?

Ergänzt wurden diese Interviews mit einem Runden Tisch, zu dem für den 23.11.2022, neben im Bereich der Baumaterialienwiederverwendung tätigen Privatpersonen auch Baumaterialhändler, Bauunternehmen und Architekt:innen anwesend waren.

Die dabei erzielten Ergebnisse finden sich hier ebenfalls eingebunden (Runder Tisch 2022).

#### 4.6.7.2 Ergebnisbericht mit Handlungsempfehlungen

Der nachfolgende Ergebnisbericht fasst die von den Experten angeführten unterstützenden sowie negativ beeinflussenden Aspekte zusammen. Aufbauend darauf werden Handlungsempfehlungen identifiziert. Durch benannte geeignete Maßnahmen sollen negative Beeinträchtigungen gemindert und so die Wiederverwendung von Baumaterialien gefördert werden. Die Ergebnisse werden dabei nach den Aspekten Ausbau, Lagerung, rechtliche Randbedingungen, wirtschaftliche Randbedingungen, Vermarktung, Steuerungsmaßnahmen sowie sonstige Hemmnisse zusammengefasst. Dabei werden sowohl die Wiederverwendung wie auch das Recycling von Baumaterialien betrachtet.

##### **Ausbau von wiederverwendbaren Baumaterialien**

Der qualitative Ausbau von Baumaterialien ist überwiegend zeitaufwendig und bedarf fachlich qualifiziertes Personal um Baumaterialien sachgemäß und ohne Beschädigung auszubauen. Dies kann ressourcenintensiv sein, wird jedoch nur selten entsprechend vergütet. Finanzielle Unterstützung durch Förderungen oder sonstige finanzielle Anreize durch öffentliche Mittel könnten Abbruchunternehmer:innen entlasten.

Bei großen Unternehmen ist oft der überwiegende Anteil des Personals unzureichend geschult. Lohnkosten für qualifizierte Facharbeiter:innen können vergleichsweise hoch sein, jedoch sind qualifizierte Facharbeiter:innen nicht nur für einen sachgemäßen Ausbau von Baumaterialien sondern auch für eine ausreichende Sicherheit während des Ausbaus entscheidend.

---

Wenn Käufer:innen von Baumaterialien diese selbst ausbauen, kann meist nicht für entsprechende Sicherheit gesorgt werden. Über die Frage der Haftung bei Unfällen besteht große Unsicherheit bei den Unternehmen, weshalb ein Eigenausbau von Käufer:innen von Baumaterialien zumeist ausgeschlossen wird.

Ein sicherer Ausbau ist teilweise zusätzlich durch die jeweiligen Gebäudezustände erschwert. So können bspw. einsturzgefährdete Gebäude nicht mehr betreten werden um Baumaterialien schadensfrei auszubauen. (Experte A)

Der Gebäudezustand kann bei zu langer Wartezeit vor Ausbau von wiederverwertbaren Baumaterialien den Ausbau verhindern. Daher sollte auf einen passenden Zeitpunkt geachtet werden. Zusätzlicher Zeitdruck für Abbruchunternehmer:innen entsteht häufig bei großen innerstädtischen Projekten. Es steht oft wenig Zeit zwischen dem Beginn eines Auftrags und dem gesamten Abbruch durch Baumaschinen zur Verfügung. Ein angepasster Zeitrahmen in der Projektplanung kann Abbruchunternehmer:innen vermehrt Möglichkeiten zum Ausbau von wiederverwertbaren Baumaterialien schaffen.

- Kooperation mit qualifizierten Personen, die Ausbau von Materialien vornehmen. Materialien können kostenlos ausgebaut werden, somit weder Arbeit noch Verdienst für Abbruchunternehmer:innen (Interview 1, Z. 74-84).
- Eine saubere Separierung von Baumaterial auf der Baustelle sei notwendig, um sortenreine Materialien wiederaufzubereiten. Nur so könne zertifizierter und standardisierter Bauabbruch entstehen. Oft fehle der Platz für eine baustellennahe Aufbereitung und Zwischenlagerung, dieser wird von den meisten Gemeinden ungern für solche Zwecke zur Verfügung gestellt (Runder Tisch 2022).

### **Lagerung wiederverwendbarer Baumaterialien**

Auch in der Lagerung hat der zeitliche Rahmen einen Einfluss. Genehmigungen zur Lagerung von unsortierten Baumaterialien sind oft befristet und schwierig zu erhalten. Die Einlagerung von Bauschutt kann zudem mit hohen Kosten verbunden sein. Aus diesem und weiteren Gründen ist ein Anstieg von Exporten von Bauschutt in Zukunft zu erwarten. Der Verbleib von Recyclingmaterial muss zudem über detaillierte Nachweise dokumentiert werden und könnte folglich zur weiteren Einschränkung des Marktes führen.

- Zeitlich befristete Genehmigung zur Lagerung von unsortierten Baumaterialien
- Bekanntmachung sowie Lagermöglichkeiten und Verwaltung von Baumaterialien sind essenziell für die Förderung der Wiederverwendung von Baumaterialien (Interview 1, Z. 222-225)
- ein Zwischenlager für Baumaterialien, möglicherweise als soziales Projekt, als Zusatzangebot an den Bauhöfen. Als Vorbild wurde hier die Bauteilbörse Bremen genannt. (Runder Tisch 2022)
- Vernetzung der Baustoffhändler gebrauchter Bauteile, in die auch der Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg eingebunden sein sollte. So könne man gezielt nach einem gebrauchten Bauteil auf die Suche gehen. (Runder Tisch 2022)

### **Vorteil durch reduzierten Transportaufwand**

- Transportkosten und -logistik relativ hoch und somit weiter Transport oft nicht wirtschaftlich
- Nur Ländliche Deponien haben noch Kapazitäten, große Transportdistanzen, aktuell in Mittelhessen für Südhessen (Interview 1, Z. 112-113)
- „Die Transport-Logistik ist ein großes Problem.“ (Interview 2, Z. 63)
- Die durch den Abriss großer Gebäude entstehende Lärm- und Staubentwicklung werde berücksichtigt, die Emission und die Lärmentwicklung, die durch die abtransportierenden LKWs entstehen, jedoch

---

nicht. So könnten diese eingespart werden, wenn eine Aufbereitung vor Ort von Beton zu Recyclingbeton möglich wäre. Jedoch fehle hier die entsprechende Lobby. Nachbarschaftsrechte würden nicht gegen Emission durch Abtransport abgewogen. Das private Interesse wird an dieser Stelle über das Allgemeinwohl gestellt (Runder Tisch 2022).

### **Rechtliche Bedingungen bei der Wiederverwendung von Baumaterialien**

In einigen weiteren Bereichen schränken hohe behördliche (/gesetzliche) Anforderungen die Möglichkeiten und den Markt für wiederverwertbare Baumaterialien weiter ein. Dies betrifft u. a. die Verwendung von wiederverwertbaren Baumaterialien in Neubauten wie Straßen und Industrieflächen. Anpassungen der zuständigen Ämter und Behörden, wie der Umweltämter, könnten einen breiteren Einsatz von wiederverwertbaren Baumaterialien fördern. Lösungsorientierte Anpassungen könnten bspw. durch einen erhöhten Anteil an behördlichem Personal mit Praxiserfahrung oder entsprechenden Schulungen und Kommunikation mit Praxisvertreter:innen erreicht werden. Auch Ausnahmeregelungen (Lärmschutz, Staubschutz, etc.) zur Förderung des Einsatzes mobiler Recyclinganlagen wären zielführend zur Förderung der Gewinnung und Verwendung von wiederverwertbaren Baumaterialien.

- Beste und ökologisch sinnvollste Möglichkeit der Verarbeitung recyclebaren Materials vor Ort auf der Baustelle, bspw. mit mobilen Recyclinganlagen (beschränkt auf Mindestgröße von 6-8 Einfamilienhäusern) (Interview 2, Z. 147-159). Beschränkung oft durch verschiedene Ämter auf Grund von zu erwartenden Emissionen, Lärm- und Staubschutzverordnungen (Interview 2, Z. 147 und 160-161).
- Mit Inkrafttreten der neuen Mantelverordnung muss der Verbleib von Recyclingmaterial nachgewiesen werden. Folglich könnte der Bedarf an Deponieflächen steigen (Interview 2, Z. 90-91), was als Resultat eines Versorgungsproblems zum Export von Bauschutt führen könnte (Interview 2, Z. 97-100).
- Ein Großteil des wiederverwerteten Recyclingmaterials wird auf Grund der hohen Anforderungen vermutlich ohne behördliche Genehmigung verwendet. (Interview 2, Z. 78-80) Dies ist besonders bei privaten Objekten und privaten Investoren der Fall. (Interview 2, Z. 85-87)
- Ein Teil von Bauschutt könnte, sofern behördlich genehmigt, als Recyclingmaterial als Unterbau von Straßen oder Industrieflächen verwendet werden. (Interview 2, Z. 104-106)
- Unsicherheit sowie Angst vor Verantwortung im Schadensfall bei Behörden / Verantwortlichen auf Grund mangelnder Praxiserfahrung. (Interview 2, Z. 107-116)
- Die Problematik der Gewährleistung und Haftung, sowie der gesetzlichen Rahmenbedingungen (z. B. DIN-Normen) wurde aus Architekt:innen- und Handwerker:innenseite angesprochen (Runder Tisch 2022).
- Aus Planer:innen-Sicht, ist die Wiederverwendung von gebrauchten Bauteilen nur schwer umsetzbar, sobald eine Ausschreibung für ein Gebäude notwendig wird. Handwerker:innen müssen für die Angebotserstellung Bauteile und deren Preise verbindlich benennen, dies ist mit dem aktuellen Geschäftskonzept des Bauteilkreisels nur schwer möglich (Runder Tisch 2022).

### **Wirtschaftliche Bedingungen für die Wiederverwendung von Baumaterialien**

Zur Entscheidung der Nutzung von wiederverwertbaren Baumaterialien sind neben entsprechender Unterstützung und angepassten Richtlinien durch Behörden letztlich auch die aktuelle Marktlage und die wirtschaftliche Basis für Abbruchunternehmer:innen entscheidend.

- „Bei Gebäuden mit historischem Wert bin ich sehr sensibel [...] Rückgewinnung zum Beispiel für Sandsteine, Fenstergesimse oder ähnliches“ (Interview 1, Z. 49-50)
- Materialien (Beispiele): Sandsteine, Fenstergesimse (Interview 1, Z. 50); Schindel, Ziegel (Interview 1, Z. 61); alte Türen (Interview 1, Z. 73)

- Zu geringer, beschränkter Markt für lohnenswerten Ausbau und Vermarktung (Interview 1, Z. 52-56)
- Fehlender Markt auf Grund fehlender Nachfrage in Deutschland für gebrauchte Bauteile, wie z. B. Kunststofffenster (Interview 2, Z. 191-193).
- 90% aller Abbruchunternehmen würden unter wirtschaftlichen Bedingungen die Wiederverwendung von Baumaterialien forcieren (Interview 2, Z. 233-234).
- Verwendung von Recyclingmaterial hängt bei ausführenden Unternehmen von der Wirtschaftlichkeit ab, weniger jedoch von der Ökobilanz. Beispiele: a) Recycling von Beton 4-5 €/t; b) Deponie von Beton 20 €/t. (Interview 2, Z. 135-145)
- Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten der Wiederverwertung. Beispiel: Verschrottung oder hochwertige Wiederverwertung eines Aluminiumfensters. Hochwertige Wiederverwertung ist kostenintensiver. (Interview 2, Z. 171-174).
- Bauschuttrecycling und Baustoffe in großen Volumina sind das zentrale Problem und müssen primär adressiert werden (Beispiel: Wiederverwendung von Beton als Sand oder Kies) (Interview 2, Z. 257-261).
- Auch neues Baumaterial, das nicht verkauft wurde (Restbestände), von Baumärkten oder Baustoffhändlern könnte auf dem Bauteilkreislauf verkauft werden, anstatt es zu entsorgen (Runder Tisch 2022).
- Materialprüfung und Katalogisierung stellten einen Mehraufwand dar (Runder Tisch 2022).

### **Vermarktung wiederverwendbarer Baumaterialien**

- Auf Recyclinghöfe verweisen; dazu spezifische Zahlen nennen z. B. 5-10 %.
- Anzeigen in lokalen Zeitschriften als Marktplatz für gebrauchte Bauteile, wird teils von Interessierten angenommen (Interview 1, Z. 59-61)
- Materialien werden zuerst auf Recyclinghöfe und anschließend überbleibende Reststoffe auf Deponien gebracht (Interview 1, Z. 111-112)
- Einbindung der Handwerker:innen, die direkt auf die Bauherr:innen einwirken könnten, in dem sie die Verwendung gebrauchter Materialien anregen. Hierzu müsse die Handwerker:innenschaft als Gruppe angesprochen werden (Runder Tisch 2022).
- Plattform des Bauteilkreislaufs Region Darmstadt-Dieburg in zwei Bereiche zu trennen, einen für private und einen für gewerbliche Anbieter, sowie auch einen für private und einen für gewerbliche Suchinsekte. So könne ein weiterhin kostenfreier Bereich für Private, als auch ein kostenpflichtiger Bereich für gewerbliche Nutzer entstehen (so wie Ebay und Ebay -Kleinanzeigen). (Runder Tisch 2022)

### **Maßnahmen zur Steigerung der Nutzung wiederverwendbarer Baumaterialien**

- „Eine Möglichkeit wäre eventuell, dass man in einer behördlichen Abbruchgenehmigung, die für die Rückbaumaßnahme eines Gebäudes benötigt wird, den Eigentümern eine Vorgabe macht und festsetzt was man wiederverwerten kann. Diese Informationen sollten dann in der Ausschreibung enthalten sein, dass man entsprechend kalkulieren und den Auftrag vergeben kann.“ (Interview 1, Z. 154-158)
- Behördliche Vorgaben für Baufirmen als mögliche Maßnahme zur Stärkung der Berücksichtigung von wiederverwertbaren Baumaterialien bei Abbrüchen (Interview 1, Z. 198-199)
- Die öffentliche Hand wurde als „großer Hemmschuh“ bezeichnet, da sie nicht bereit sei, Gewährleistungen nachzugeben, um die Verwendung von wiederverwendetem Baumaterial zu fördern, dabei sollte sie als Vorreiter agieren (Runder Tisch 2022).
- Umweltauswirkungen sind je nach Baustoff und Menge unterschiedlich und zu berücksichtigen (Beispiel: 20-30 Fenster vs. 30-40 Sattelzüge Beton) (Interview 2, Z. 212-215).
- Ressourcenknappheit könnte zukünftig Sensibilität in Bezug auf Baumaterialien fördern (Interview 1, Z. 212-214)

- 
- Außerdem wurde die geringere Besteuerung bei wiederverwendeten Bauteilen angeregt, um einen Anreiz zu schaffen (Runder Tisch 2022).
  - Eine Verteuerung der Entsorgungskosten wäre notwendig, um gegenzusteuern. Langfristig braucht das Thema politische Unterstützung, die momentan noch fehle. Zeitlich begrenzte Finanzierungsmodelle seien langfristig nicht zielführend. (Runder Tisch 2022)

#### **Sonstige Hemmnisse der Wiederverwendung von Baumaterialien**

- Der Trend zum Fertighaus vermindert möglicherweise die Einsatzmöglichkeiten für wiederverwendbare Baumaterialien (Interview 1, Z. 232-236)
- Ca. 5 bis 10 % muss bei Abbruch eines Einfamilienhauses auf die Deponie (Interview 1, Z. 104)
- Thema Denkmalschutz von Gebäuden auch in Kommunen bestärken (nicht nur Altstädte) (Interview 1, Z. 181-184)

Der Abfallbegriff ist in der deutschen Gesetzgebung überarbeitungsbedürftig, bisher zu sehr auf Entsorgung und weniger auf Vermeidung ausgelegt (Runder Tisch 2022).

---

## 5. Veröffentlichung der Ergebnisse

---

Im Folgenden werden die Veröffentlichungen der Projektergebnisse getrennt nach Kalenderjahren aufgelistet. Neben Beiträgen in Zeitschriften und anderen Publikationen werden auch Vorträge auf Konferenzen, Veranstaltungen und Präsentationen in kommunalen Gremien sowie die Teilnahme an Workshops chronologisch dargestellt. Auch Veröffentlichungen, die nicht vom Projektteam selbst verfasst wurden, aber durch Material und Informationen des Projektteams maßgeblich unterstützt wurden, sind aufgeführt. Berichte auf Homepages sowie Pressemitteilungen und -berichte werden an dieser Stelle nicht aufgeführt.

### 5.1 Veröffentlichungen 2018

#### Publikationen:

- Keine Publikationen

#### Vorträge:

- Linke, Hans-Joachim (2018): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei der Kickoff Veranstaltung zum Forschungsprojekt WieBauin in Darmstadt am 09.10.2018.
- Linke, Hans-Joachim (2018): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei der Auftaktveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Berlin vom 12.-13.11.2018.
- WieBauin (2018): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei dem 1. Projekttreffen zum Forschungsprojekt WieBauin in Darmstadt am 23.11.2018.

#### Teilnahme an Workshops:

- Keine Teilnahme an Workshops

### 5.2 Veröffentlichungen 2019

#### Publikationen:

- WieBauin (2019): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Flyer.

#### Vorträge:

- Linke, Hans-Joachim (2019): Kurzvorstellung WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Bensheim vom 29.-30.10.2019.
- Linke, Hans-Joachim (2019): Öffentliche Auftaktveranstaltung WieBauin. Forschungsansätze der TU Darmstadt – Landmanagement. Vortrag bei der öffentlichen Auftaktveranstaltung des Forschungsprojektes WieBauin im Rathaus der Gemeinde Münster (Hessen) am 31.01.2019.
- Linke, Hans-Joachim (2019): Wie kann durch den Aufbau regionaler Wertschöpfungsketten (im Bausektor) ein nachhaltiger Ausgleich zwischen Stadt und Land erzielt werden? Table Session bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Bensheim vom 29.-30.10.2019.
- Linke, Hans-Joachim (2019): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei einem Austauschtreffen mit dem RP Darmstadt in Darmstadt am 14.03.2019.
- WieBauin (2019): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei dem 2. Projekttreffen zum Forschungsprojekt WieBauin in Darmstadt am 18.03.2019.
- WieBauin (2019): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag beim Synergietreffen mit dem Forschungsprojekt RessStadtQuartier zu Gebäudetypologie und Datenaufnahmen aus Bauakten in Darmstadt am 08.10.2019.

- 
- WieBauin (2019): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse. Vortrag bei dem 3. Projekttreffen zum Forschungsprojekt WieBauin in Darmstadt am 09.10.2019.

#### **Teilnahme an Workshops:**

- Keine Teilnahme an Workshops

### **5.3 Veröffentlichungen 2020**

#### **Publikationen:**

- Gärtner, Philip; Dierks, Christian; Linke, Hans-Joachim (2020): WieBauin. Reuse of Building Components and related Data Shortage. Poster bei der internationalen Konferenz Urban-Rural Partnerships in Leipzig vom 25.-27.11.2020.

#### **Vorträge:**

- Linke, Hans-Joachim (2020): WieBauin (Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ). Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus am 25.11.2020. Online.
- WieBauin (2020): Vorstellung WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag beim 1. Vernetzungsworkshop WieBauin – INTEGRAL am 29.05.2020. Online.

#### **Teilnahme an Workshops:**

- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2020): Koordinierungstreffen Stadt-Land-Plus am 16.06.2020. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2020): Regionale Nachhaltigkeitsziele verfolgen und Nachhaltigkeitsindikatorik am 17.06.2020. Online.

### **5.4 Veröffentlichungen 2021**

#### **Publikationen:**

- Herd, Lars (2021): Bauteilkreisel Darmstadt-Dieburg / Forschungsprojekt der TU Darmstadt. „Wie Partnership für Bauteile“. In: Op-Online vom 30.10.2021.
- Welsch, Alexandra (2021): Die Werkbank wird zum Waschtisch. Im Rahmen eines Projektes der TU Darmstadt öffnet im Oktober eine Online-Börse für gebrauchte Baustoffe. In: Darmstädter Echo vom 19. Oktober 2021. Seite 14.
- WieBauin (2021): Baumaterialien wiederverwenden. Flyer. 1. Auflage. November 2021.
- WieBauin (2021): Ressourcen nachhaltig schonen. Flyer. 1. Auflage. Oktober 2021.

#### **Vorträge:**

- Fedyszin, Annette (2021): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag zur Vorstellung des Forschungsprojektes im Bau-, Planungs- und Umweltausschuss der Gemeinde Münster in Münster (Hessen) am 30.08.2021.
- Linke, Hans-Joachim (2021): Vortrag bei der Auftaktveranstaltung zum Start der Internetplattform bauteilkreisel-dadi.de am 29.10.2021. Online.
- Linke, Hans-Joachim (2021): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei der Versammlung der Bürgermeister des Landkreises Darmstadt-Dieburg in Münster (Hessen) am 07.07.2021.



- WieBauin (2021): Vorstellung WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen. Vortrag beim 2. Vernetzungsworkshop WieBauin – INTEGRAL am 17.03.2021. Online.
- WieBauin (2021): Vorstellung WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen. Vortrag beim 3. Vernetzungsworkshop WieBauin – INTEGRAL am 24.04.2021. Online.
- WieBauin (2021): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei einem Treffen mit dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Dezernat I4 – Lärm, Erschütterungen, Abfall, Luftreinhaltung: Anlagen am 24.09.2021. Online.
- WieBauin (2021): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Aktuelle Arbeiten und Ergebnisse. Vortrag bei dem 4. Projekttreffen zum Forschungsprojekt WieBauin am 07.10.2021. Online.
- WieBauin (2021): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus. Video-Pitch bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Bensheim vom 14.-15.09.2021. Online.

#### **Teilnahme an Workshops:**

- Fördermaßnahme RES:Z (2021): Treffen zum Informationsmodul der RES:Z Fördermaßnahme zum Thema "Baustoffkreisläufe im Quartier" am 01.10.2021. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2021): Workshop Zielgruppenkommunikation am 24.03.2021. Online.

## **5.5 Veröffentlichungen 2022**

#### **Publikationen:**

- Dekanat FB 13 TU Darmstadt (2022): Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Darmstadt. In: Young Professionals Bauingenieurwesen. Das Karrieremagazin für Studenten, Bachelor/Master-Absolventen und Young Professionals. Regional und Bundesweit. November 2022. Seite 94-96.
- Gerules, Hannah; Nourdin, Labidi; Riechardt, Carla (2022): Baumaterialien wiederverwenden. Ein Handbuch für alle zum Entdecken und Nachschlagen. 1. Auflage. März 2022.
- Labidi, Nourdin (2022): Teilt eure Geschichte mit uns. Vorbilder gesucht. Plakat.
- Nobis, Kim; Linke, Hans-Joachim (2022): Handlungsempfehlungen für die Aktivierung der Öffentlichkeit sowie die Ansprache und Unterstützung von Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude zur Wiederverwendung von Bauteilen und anderen Baumaterialien. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ“ (WieBauin). 1. Auflage. August 2022.
- Nobis, Kim; Linke, Hans-Joachim; Roth, Natascha; Fedyszyn, Annette; Laubscheer, Christine (2022): Handbuch für Beratungen zur Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Bauteile und anderer Baumaterialien. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ“ (WieBauin). 1. Auflage. August 2022.
- Schroeter, Ute (Hg.) (2022): Vom Forschungsprojekt zum Vorzeigeprojekt. In: TALIS Architekten, Bauingenieure: Berufsstart 2022 / 2023 – nochmal von Hausfrauen für Architekten geschrieben. Seite 142-145.
- WieBauin (2022): Bauteilkreislauf Darmstadt Dieburg – Parship für Baumaterialien. Poster bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Leipzig vom 19.-20.09.2022.
- WieBauin (2022): Informieren. Entdecken. Handeln. Flyer. 1. Auflage. August 2022.

- WieBauin (2022): Wiederverwendung von Bauteilen. Bauteilkreislauf der Region Darmstadt-Dieburg. In: ZAW aktuell. Kundeninformation zur kommunalen Abfallentsorgung. Ausgabe 38. Januar 2022. Seite 6-7.
- ZAW (2022): Abfallkalender 2022 für den Landkreis Darmstadt-Dieburg. Mit Informationen zum Bauteilkreislauf der Region Darmstadt-Dieburg.

#### **Vorträge:**

- Bretscher, Raphael (2022): Marktplatz der Projekte – WieBauin (Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ). Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Leipzig vom 19.-20.09.2022.
- Bretscher, Raphael (2022): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Verbundvorhaben im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Stadt-Land-Plus“. Vortrag bei der Online Reihe 2022 „Aus Stadt und Land wird Plus – Themen, die Stadt und Land gemeinsam bewegen“. Teil 4 „Kreisläufe schaffen! Durch regionale Kreislaufwirtschaft die lokale Wertschöpfung steigern“ am 29.11.2023. Online.
- Linke, Hans-Joachim (2022): 1. Hessisches Re-Use Symposium 07.09.2022. Weniger Bauschutt – mehr Wiederverwendung: Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg Vortrag beim 1. Hessischen Re-Use Symposium in Frankfurt am Main am 07.09.2022.
- Linke, Hans-Joachim (2022): 1. Konferenz zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien. Im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Einführung in die 1. Konferenz zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien in Münster (Hessen) am 08.09.2022.
- Linke, Hans-Joachim (2022): Erfahrungsaustausch der Fachbereichsleiter:innen der kommunalen Bauämter des Landkreises. WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei der Bauamtsleiterrunde des Landkreises Darmstadt-Dieburg in Münster (Hessen) am 08.09.2022.
- Linke, Hans-Joachim (2022): Kurzvorstellung WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Gefördert im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus. Vortrag beim 1. Runden Tisch zur innovativen Wiederverwendung von Baumaterialien in Dieburg am 23.11.2022.
- Linke, Hans-Joachim (2022): Staffellauf der Projekte – WieBauin (Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ). Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Leipzig vom 19.-20.09.2022.
- Linke, Hans-Joachim (2022): Weniger Bauschutt – Mehr Wiederverwertung am Haus. SWR Aktuell Global – das Umweltmagazin. Podcast vom 05.05.2022.
- Linke, Hans-Joachim (2022): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Forschungsprojekt im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus. Vortrag beim Austausch mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Referat I 1 – Internationale Zusammenarbeit, Planungsangelegenheiten, fachübergreifende Umweltangelegenheiten am 16.11.2022. Online.
- Nobis, Kim; Roth, Natascha (2022): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag bei einem Austauschtreffen mit Architekt:innen der Denkmalpflege am 26.10.2022. Online.
- Nourdin, Labidi (2023): Ressourcenschonend Bauen und Wohnen. Vortrag auf der Ausstellung UpCycling :: ReUse des Mainzer Zentrums Baukultur Rheinland-Pfalz in Mainz am 07.04.2022.

#### **Teilnahme an Workshops:**

- Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen (EAD) (2022): Verschiedene Aktionen zum Thema Re Use im Rahmen der europäischen Woche der Abfallvermeidung im Kaufhaus der Gelegenheiten Darmstadt am 24.-26.11.2022.

- Otzberg (2022): Offenes Ober-Klingen im Rahmen der Otzbergwoche in Otzberg am 28.08.2022.
- Stadt Griesheim (2022): Abschlussveranstaltung Ortsbildrahmenplan – Bürgerbeteiligung der Stadt Griesheim mit Vorstellung des Bauteilkreisels Region Darmstadt-Dieburg in Griesheim am 27.-28.04.2022.
- Stadt-Land-Plus (2022): Online Reihe 2022 „Aus Stadt und Land wird Plus – Themen, die Stadt und Land gemeinsam bewegen“. Teil 1 „Stadtregional steuern! Mit stadtreionalen Entwicklungsprozessen Interessensausgleiche erzielen“ am 08.11.2023. Online.
- Stadt-Land-Plus (2022): Online Reihe 2022 „Aus Stadt und Land wird Plus – Themen, die Stadt und Land gemeinsam bewegen“. Teil 2 „Flächen managen! Durch strategisches Flächenmanagement die Nutzungseffizienz der Flächen erhöhen“ am 15.11.2023. Online.
- Stadt-Land-Plus (2022): Online Reihe 2022 „Aus Stadt und Land wird Plus – Themen, die Stadt und Land gemeinsam bewegen“. Teil 3 „Regional produzieren – nachhaltige Landnutzung etablieren“ am 22.11.2023. Online.
- Stadt-Land-Plus (2022): Online Reihe 2022 „Aus Stadt und Land wird Plus – Themen, die Stadt und Land gemeinsam bewegen“. Teil 4 „Kreisläufe schaffen! Durch regionale Kreislaufwirtschaft die lokale Wertschöpfung steigern“ am 29.11.2023. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2022): Koordinatorentreffen am 06.07.2022. Online.

## 5.6 Veröffentlichungen 2023

### Publikationen:

- Labidi, Nourdin (2023): Bauteilkreisels Region Darmstadt-Dieburg: Baumaterialien wiederverwenden. Ein Handbuch für alle zum Entdecken und Nachschlagen. Herausgegeben von Annette Rudolph-Cleff, Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung der Technischen Universität Darmstadt. 3. Auflage.
- Noltemaier, Martina (2023): Bau Secound Hand. Forschungsprojekt über Wiederverwendung von Baumaterialien. In: Häusermagazin – Planen. Designen. Bauen. Wohnen. Februar 2023. Seite 5.
- Roth, Natascha (2023): Wo kommt es her und wo geht es hin? In: Der Holznagel Zeitschrift der Interessensgemeinschaft Bauernhaus. Ausgabe 2/2023. Seite 56-59.
- Rudolph-Cleff, Annette; Labidi, Nourdin (2023): Das Versprechen. In: Die Architekt. Zeitschrift des Bundes Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA), 4/2023, S. 24- 29.
- Rudolph-Cleff, Annette; Labidi, Nourdin (2023): Urban Mining – Architektur der Wiederverwendung in der Lehre. In: Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen (Hg.): Sustainability Paper 3 Kreislaufwirtschaft. AKH, Wiesbaden.
- WieBauin (2023): Beispielsammlung zur Wiederverwendung. 1. Auflage. Februar 2023.
- ZAW (2023): Abfallkalender 2023 für den Landkreis Darmstadt-Dieburg. Mit Informationen zum Bauteilkreisels der Region Darmstadt-Dieburg.

### Vorträge:

- Linke, Hans-Joachim (2023): „Second-Hand-Baumaterialien“ schonen Klima und Geldbeutel. Vortrag bei der Odenwaldakademie am 23.02.2023
- Linke, Hans-Joachim (2023): Bauwende – Kreislaufwirtschaft in der Bau- und Immobilienwirtschaft – Chancen und Hürden für Unternehmen. Vortrag beim Immobiliendialog der IHK Darmstadt am 14.06.2023.
- Linke, Hans-Joachim; Schebek, Liselotte (2023): Kreislaufwirtschaft in der Immobilienwirtschaft – Klimapolitische Ziele und Chancen der Wirtschaft. Vortrag beim Immobilien Jour Fixe der IHK Darmstadt am 25.04.2023.

- 
- Nobis, Kim (2023): Rechtliche Hürden für nachhaltige Stadt-Land-Beziehungen des Forschungsprojektes WieBauin. Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Bamberg vom 12.-13.06.2023.
  - Nobis, Kim (2023): Schlaglicht auf die Ergebnisse des Forschungsprojektes WieBauin. Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Bamberg vom 12.-13.06.2023.
  - Nobis, Kim (2023): WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ. Vortrag beim Wetteraukreis am 18.01.2023. Online.
  - Roth, Natascha; Labidi, Nourdin (2023): Kurzvorstellung des Forschungsprojektes WieBauin (Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ). Vortrag bei der Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus in Bamberg vom 12.-13.06.2023.

#### **Teilnahme an Workshops:**

- Odenwaldakademie (2023): Austauschtreffen zum Thema der Bauteilwiederverwendung im Odenwaldkreis am 26.04.2023. Erbach.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2023): Koordinatorentreffen am 26.01.2023. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2023): Workshop „Transfer ins Rechtssystem – wie Normen und Standards beim Markteintritt helfen können“ am 23.03.2023. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2023): Workshop „Rechtliche Hürden bei der Umsetzung nachhaltiger Lösungen“ am 17.04.2023. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2023): Workshop „Nachhaltigkeitsindikatorik – Teil 1: Klimaschutz- und Anpassung als Schlüssel für nachhaltige Kommunen“ am 25.04.2023. Online.
- Wissenschaftliches Querschnittsvorhaben der BMBF-Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus (2023): Workshop „Nachhaltigkeitsindikatorik – Teil 2: Landwirtschaft als Schlüssel für nachhaltige Landnutzung“ am 04.05.2023. Online.

---

## 6. Schlussbetrachtung

---

Dieser Bericht basiert auf Ergebnissen des Forschungsvorhabens ‚Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ‘, kurz WieBauin. Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse kurz zusammengefasst, die erzielten Ergebnisse reflektiert und ein Ausblick gegeben.

### 6.1 Kurzzusammenfassung

Die Ziele des Forschungsprojektes WieBauin konnten erreicht werden. Dabei wurden vielfältige weitere Erkenntnisse zur Wiederverwendung von Baumaterialien bekannt. Die gewonnenen Erkenntnisse können dazu dienen, diese Wiederverwendung zukünftig zu unterstützen.

#### 6.1.1 Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand

Der Bausektor ist einer der ressourcenintensivsten Wirtschaftszweige, insbesondere hinsichtlich der anfallenden Abfallmengen (Destatis 2022). Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass häufig beim Abriss oder der Sanierung von Gebäuden kein hochwertiges Recycling intakter Materialien stattfindet, obwohl Baustoffe sehr langlebig sind. Der angestrebten Ressourcenschonung kann jedoch u. a. durch einen möglichst hohen Anteil der wiederverwendeter Baustoffe Rechnung getragen werden. Dies bringt neben finanziellen Vorteilen durch die Einsparung von Entsorgungskosten auch den Erhalt traditioneller Bauweisen und Handwerkskunst sowie der Identität des Ortes mit sich. Bisher haben die erzielten Ergebnisse aus vorangegangenen Forschungsprojekten zu keinem signifikanten Anstieg der Wiederverwendung von Baumaterialien deutschlandweit geführt. Hier setzt das auf den Landkreis Darmstadt-Dieburg und die Stadt Darmstadt fokussierte Forschungsprojekt WieBauin an.

#### Aufgabenstellung und Ziele von WieBauin

Durch Nutzung alternativer Quellen zur Gewinnung von Baumaterialien durch Wiederverwendung soll die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen im ländlichen Raum reduziert werden. Am Fallbeispiel des Landkreises Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt wurden im Rahmen des Projektes neue Herangehensweisen und Instrumente entwickelt, um die Stadt-Land-Beziehungen und das Stoffstrommanagement zum beiderseitigen ökologischen und ökonomischen Vorteil zu optimieren. Ziel der Forschungs- und Entwicklungsphase war dabei die Entwicklung einer Wertschöpfungskette beginnend bei den Eigentümer:innen, welche im Besitz zum Abbruch vorgesehener Gebäude sind, bis hin zu Nutzenden der beim Abbruch gewonnenen Baumaterialien. Zur regionalen Vermarktung in Frage kommender Baumaterialien wurde darauf aufbauend ein Geschäftsmodell entwickelt, das im Rahmen der Umsetzungs- und Verstetigungsphase erprobt werden konnte.

#### Wissenschaftlicher und technischer Stand

Erkenntnisse bereits abgeschlossener Vorhaben dienten als Impulse und Vorarbeiten für das Projekt WieBauin (siehe Kapitel 2.2), das neben der Erfassung von vorhandenen Potenzialen von Baumaterialien auch einen Marktplatz für Bereitsteller und Nutzer wiederverwendbarer Baumaterialien einer Region schafft. Wesentliche Erkenntnisse konnten u. a. aus dem Vorhaben ‚Zukunftsorientierter Umgang mit Plattenbaustrukturen‘ gewonnen werden, das Wiederverwendungsmöglichkeiten von Fertigteilelementen aus Plattenbauten für den Einsatz im Wohnungsbau untersuchte und eine Kostenreduzierung von bis zu 25 % der Baukosten durch die Wiederverwendung von Betonfertigteilen feststellen konnte (Asam 2007). Das Forschungsprojekt ‚Techno-Ökonomische Potenziale der Rückgewinnung von Rohstoffen aus dem Industrie- und Gewerbegebäude-Bestand‘ (PRRIG) der TU Darmstadt stellte Informationen über Rohstoffpotenziale und Rückflüsse von Sekundärrohstoffen aus dem Sektor der Gewerbe- und Industrieimmobilien in Südhessen bereit und beschreibt die regionale Ebene als

---

besonders geeignete Skala für die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen aus dem Baubestand (TU Darmstadt, Institut IWAR 2016). Die Führung von Bauteilbörsen zeigt auf, dass die Bedeutung der Wiederverwendung bereits zur Umsetzung von Vermarktungsstrategien führt (siehe Kapitel 2.3). Gebäude- und Materialkataster werden bisher nur in geringem Umfang geführt. Gebäudekataster dienen bisher als Datengrundlage für Steuererklärungen (Südtiroler Landesverwaltung 2023) und zur Erstellung von Energiebilanzen (Beck et al. 2013).

### **6.1.2 Ablauf des Vorhabens**

Die Projektlaufzeit des Forschungsprojektes WieBauin war gemäß Förderantrag mit fünf Jahren und zwei Meilensteinen sowie insgesamt 14 Arbeitspaketen, die eng miteinander verknüpft waren, geplant (siehe Kapitel 3.2). Zur Zielerreichung gliederte sich das Projekt in eine dreijährige Forschungs- und Entwicklungsphase und eine anschließende Umsetzungs- und Verstetigungsphase von zwei Jahren. Die Forschungs- und Entwicklungsphase selbst wurde in drei Bereiche unterteilt, die Bestandsanalyse (TP 1 bis 4), die Strategieentwicklung (TP 5 bis 7) und in Analyse der erzielbaren Effekte / Wirkungsabschätzung (TP 8 bis 10). Die Umsetzungs- und Verstetigungsphase gliederte sich in die drei Teilprojekte Umsetzung der Vermarktungsstrategie (TP 11), Umsetzung der Beratung von Immobilieneigentümer:innen (TP 12) und Bauherr:innen (TP 13). Koordiniert wurde das Forschungsvorhaben durch eine entsprechende Projektsteuerung, die auch als zentraler Ansprechpartner nach außen fungierte und die Öffentlichkeitsarbeit des Projektes übernahm (TP 14). Die Ergebnisse des Projektes liefen in insgesamt sechs Verwertungsprodukten zusammen: ein Gebäude- und Materialkataster mit GIS-Anbindung, ein Erfassungsbogen für ein Gebäude- und Materialkataster, ein Gebäude- und Materialkataster der Gemeinden Münster (Hessen) und Otzberg, ein Leitfaden zur Einbindung von Immobilieneigentümern leerstehender Gebäude, ein regionales Stoffstrommodell und ein Weiterbildungstool für Bauherr:innen und Architekt:innen.

### **6.1.3 Wesentliche Ergebnisse sowie Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen**

Im Rahmen des Forschungsprojektes WieBauin konnten vielfältige Erkenntnisse über die Wiederverwendung von Baumaterialien gewonnen werden. Die Umsetzung eines Gebäude- und Materialkatasters nach Aufnahme der Daten über einen Erfassungsbogen in den Gemeinden Münster (Hessen) und Otzberg stellt Daten bereit, die u. a. Aufschluss über in Gebäuden gebundene Materialien geben. Das Gebäude- und Materialkataster wird über die Umsetzungs- und Erprobungsphase hinaus bei anstehenden Projekten der Innenentwicklung eingesetzt, da dieses die für den zukünftigen Umgang mit den betroffenen Gebäuden erforderlichen Daten liefert. Der entwickelte Leitfaden zur Einbindung von Immobilieneigentümer:innen leerstehender Gebäude beschreibt geeignete strategische Ansätze für die Aktivierung der Bevölkerung und die Unterstützung der Eigentümer:innen. Es werden Vorschläge zu Hilfestellungen formuliert, die die Kommune und weitere Beratungsstellen denjenigen Eigentümer:innen anbieten sollte, die sich bereits für den (Teil-)Rückbau ihrer Immobilie entschieden haben. Zudem wurde ein Geschäftsmodell zur Vermarktung wiederverwendbarer Bauteile im Landkreis Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt entwickelt, umgesetzt und anschließend erprobt. Über das Projektende hinaus sind verschiedene Verstetigungsvarianten denkbar (siehe Kapitel 4.4.6). Die mittelfristige Entwicklung des Stoffstromsystems mineralischer Abfälle, insbesondere aus dem Hochbau, im Untersuchungsgebiet (Wissenschaftsstadt Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg) konnte durch Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage qualitativ abgeschätzt und Handlungsansätze daraus abgeleitet werden. Die Erhöhung der Nachfrage nach Recyclingmaterial aus Betonbruch für den Einsatzbereich in ungebundenen Tragschichten des Straßenbaus führt entsprechend der Untersuchung der Ökobilanz zu einer Einsparung an Treibhausgasemissionen. Das entwickelte Weiterbildungspaket für Bauherr:innen und Architekt:innen besteht aus einem umfangreichen Handbuch („Baumaterialien wiederverwenden“ (Labidi 2023)) und einem datenbankbasierten Kalkulator-Tool, dem Materialertragsrechner. Das Handbuch steht der breiten Öffentlichkeit auf der Internetseite des Projektes

---

(www.wiebauin.de) zur Verfügung und wurde gemeinsam mit dem Materialertragsrechner im Rahmen der Beratung interessierter Bauherr:innen, Handwerker:innen und Architekt:innen eingesetzt. Das Weiterbildungspaket dient der Information der Öffentlichkeit und der Fachleute in der Region über die Möglichkeiten und Effekte der Wiederverwendung von Baumaterialien. Es wurde bewusst niederschwellig konzipiert, damit sowohl Handbuch als auch Materialertragsrechner eigenständig außerhalb der Beratungen durch interessierte Menschen ohne großes Vorwissen genutzt werden können.

Eine vertiefte Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen fand nicht statt, jedoch standen die Projektverantwortlichen in Kontakt mit der TU Dresden. Mit dem zum 1. Februar 2020 in der Fördermaßnahme Stadt-Land-Plus gestarteten Forschungsprojekt ‚INTEGRAL – Integriertes Konzept für mineralische Abfälle und Landmanagement zur nachhaltigen Entwicklung von Stadt-Land-Nutzungsbeziehungen‘ wurde ein intensiver fachlicher Austausch in verschiedenen Forschungsteilthemen eingeleitet und fortgeführt, um die beiden Ansätze der Wiederverwendung vollständiger Bauteile einerseits und der Verwendung von RC-Baustoffen andererseits zukünftig ganzheitlich betrachten zu können.

## **6.2 Reflexion der Ergebnisse**

Dem Thema der Wiederverwendung von Baumaterialien stehen sowohl Landkreise als auch Kommunen, Bürger:innen und Architekt:innen interessiert gegenüber. Bereits jetzt ist dies von großer Bedeutung und hinsichtlich eines angestrebten schonenden Umgangs mit Ressourcen wird die Thematik auch zukünftig an Bedeutung gewinnen. Das im Forschungsprojekt WieBauin entwickelte Geschäftsmodell und die gewonnenen Erkenntnisse sind grundsätzlich übertragbar. Dennoch würde über die Laufzeit des Forschungsprojektes hinaus Zeit benötigt, um das Geschäftsmodell und die Beratungsangebote langfristig zu etablieren. Hierfür ist eine langfristig angelegte und in großem Umfang vorangetriebene Öffentlichkeitsarbeit erforderlich, die sehr personal- und damit kostenintensiv ist. Die Bevölkerung muss in Kenntnis über die Möglichkeiten der Wiederverwendung von Baumaterialien gesetzt und immer wieder darauf hingewiesen werden, um langfristig die Akzeptanz dieser zu gewährleisten. Es gilt, die Kommunikation und Information der Bevölkerung dabei leicht zugänglich und verständlich zu gestalten. Die Option, eine Zwischenlagerung über den Bauteilkreislauf angebotener Baumaterialien in einem dazugehörigen Lager zu ermöglichen, wurde mehrfach gewünscht und hätte die Akzeptanz zusätzlich steigern und so zu einer langfristigen Umsetzbarkeit beitragen können. Auch die Unterstützung von Akteuren vor Ort, die als Multiplikator der Ergebnisse fungieren, trägt maßgeblich zur dauerhaften Umsetzung bei. Das umgesetzte Geschäftsmodell des Bauteilkreislaufs Darmstadt-Dieburg als Marktplatz und Informationsplattform mit dem integrierten Materialertragsrechner ist übertragbar und anschlussfähig. An das mit der Concular GmbH erarbeitete Verstetigungskonzept (siehe Kapitel 4.4.6), das verschiedene Verstetigungsvarianten darstellt, kann angeknüpft werden. Die Nutzung bestehender Onlinedienstleister:innen weist dabei einen geringeren finanziellen Aufwand auf und ermöglicht so eine bessere Umsetzbarkeit in interessierten Kommunen.

## **6.3 Ausblick**

Die Anschlussfähigkeit des Geschäftsmodells, das erarbeitete Verstetigungskonzept, die Übertragbarkeit des Gebäude- und Materialkatasters mit GIS-Anbindung sowie die Verwertbarkeit der entwickelten Leitfäden wurden bereits in Kapitel 6.1.3 und 6.2 beleuchtet und sollen aus diesem Grund hier nicht detailliert aufgeführt werden.

Aktuell steht die Wiederverwendung von Baumaterialien einigen Hemmnissen gegenüber. Um diese abzubauen, sind auf rechtlicher Seite dringend Änderungen erforderlich, die eine Wiederverwendung erleichtern. Für diese Änderungen sind entsprechende unterstützende Entscheidungen der Politik notwendig. Die rechtlichen Rahmenbedingungen sollten lokal- und landespolitisch angepasst werden. Um die politische Diskussion

---

anzustoßen, wurden die herausgearbeiteten rechtlichen Hürden (siehe Kapitel 4.6.6) an den Vorhabenträger weitergeleitet. Darüber hinaus besteht weiterer Forschungsbedarf, die Erfolgsaussichten potenziell anschließender Forschungsprojekte können jedoch als höher eingeschätzt werden, nachdem eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen erfolgt ist. Von Interesse wären Forschungen etwa zur Verwendung von R-Beton, zu Kostenersparnissen durch die Wiederverwendung von Baumaterialien und Bürgerbeteiligungen.



---

## Literaturverzeichnis

---

- Abegg, Andreas (2021): Wiederverwendung von Baumaterialien als Herausforderung für das Recht. In: Andreas Abegg und Oliver Streiff (Hg.): Die Wiederverwendung von Bauteilen. Ein Überblick aus rechtlicher Perspektive. Unter Mitarbeit von Eva Stricker, Meinrad Huser und Annatina Menn. Zürich: Dike Verlag AG, S. 1-2.
- AbfG LSA (2010): Abfallgesetz des Landes Sachsen-Anhalt vom 1. Februar 2010 zuletzt geändert durch § 1 des Gesetzes vom 10. Dezember 2015 (GVBl. LSA S. 610).
- about:publishing GmbH (2020): Garagentorgewicht. Online verfügbar unter <https://www.hausjournal.net/garagentorgewicht#:~:text=Durchschnittliche%20Gewichte,dass%20das%20Gewicht%20massiv%20steigt>, zuletzt geprüft am 21.11.2020.
- Aksözen, M.; Hassler, U.; Rivallain, M.; Kohler, N. (2017): Mortality analysis of an urban building stock. In: Building Research & Information, S. 259-277.
- ALR-Bauelemente UG (2020): Fensterbänke innen aus Holz auf Maß 30 - 165 cm Länge. Online verfügbar unter <https://www.online-fenster-kaufen.de/fensterbaenke-innen-aus-holz-auf-mass-30-230-cm.html>, zuletzt geprüft am 05.12.2020.
- Amphibien- und Reptilienschutzverein Thüringen (o. J.): Zauneidechse. Online verfügbar unter <http://www.amphibienschutz-thueringen.de/seite/475958/zauneidechse.html>, zuletzt geprüft am 17.08.2022.
- ARRL (2008): Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. Abfallrahmenrichtlinie.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014a): Dohle. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/dohle/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014b): Grauschnäpper. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/grauschnaepfer/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014c): Hausrotschwanz. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/hausrotschwanz/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014d): Haussperling, "Spatz". Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/haussperling/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014e): Mauersegler. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/mauersegler/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014f): Mehlschwalbe. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/mehlschwalbe/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014g): Rauchschnäpper. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/rauchschnaepfer/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.

- 
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014h): Schleiereule. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/schleiereule/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzmanagement gGmbH (2014i): Turmfalke. Unter Mitarbeit von Jürgen Trautner. Filderstadt. Online verfügbar unter <http://www.artenschutz-am-haus.de/tierarten/voegel/turmfalke/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Artenschutzverordnung (1996): Verordnung (EG) Nr. 338/97 des Rates vom 9. Dezember 1996 über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels.
- Asam, Claus (2007): Forschungsprojekt „Zukunftsorientierter Umgang mit Plattenbaustrukturen“. Hg. v. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. (IEMB) (Informationsblätter des IEMB, 2007(2)).
- Aßbrock, Olaf (2019): Rohstoffversorgung für die Betonherstellung. Entwicklungen, Ressourcen und Umweltschutz. In: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) (Hg.): Kolloquium Neubau von Wasserbauwerken am 14. und 15. Mai 2019. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau, S. 42-48.
- Autonome Provinz Bozen (2023): Das neue Südtiroler Bürgernetz. Grundbuch- und Katastereinsicht online. Hg. v. Autonome Provinz Bozen - Südtiroler Informatik AG, zuletzt aktualisiert am <https://civis.bz.it/de/dienste/dienst.html?id=1027004>, zuletzt geprüft am 16.11.2023.
- AVV (2001): Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533) geändert worden ist.
- BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) (2022): Förderwegweiser Energieeffizienz. Online verfügbar unter <https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienzwegweiser/energieeffizienzwegweiser.html>, zuletzt geprüft am 08.03.2022.
- BArtSchV (2005): Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten. Bundesartenschutzverordnung vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258, 896), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95) geändert worden ist.
- baubook GmbH: Die Datenbank für ökologisches Bauen und Sanieren. Online verfügbar unter [https://www.baubook.at/Download/baubook\\_info\\_allgemein\\_de.pdf?20210927133323](https://www.baubook.at/Download/baubook_info_allgemein_de.pdf?20210927133323), zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- BauGB (1960): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I S. 4147) geändert worden ist.
- BauPVO: Verordnung (EU) Nr. 305/2011 vom 09. März 2011 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates (Bauproduktenverordnung). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0305-20140616>.
- Bauteilbörse Bremen (o. J.): Beispiele aus der Wiederverwendung. Online verfügbar unter [https://www.bauteilboerse-bremen.de/btb/website/cms?cms\\_knschlüssel=VORHERNACHHERLISTE](https://www.bauteilboerse-bremen.de/btb/website/cms?cms_knschlüssel=VORHERNACHHERLISTE), zuletzt geprüft am 11.08.2021.
- BayAbfG (1996): Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 9. August 1996 (GVBl. S. 396, 449, BayRS 2129-2-1-U), das zuletzt durch § 2 des Gesetzes vom 25. Mai 2021 (GVBl. S. 286) geändert worden ist.
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (o. J.): BNatSchG – Bundesnaturschutzgesetz. Online verfügbar unter <https://www.umweltpakt.bayern.de/natur/recht/bund/117/bnatschg-bundesnaturschutzgesetz>, zuletzt geprüft am 10.08.2022.

- 
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (Hg.) (2019): Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz. Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung. Online verfügbar unter <https://www.regensburg.de/fm/121/arbeitshilfe-kontrollierter-rueckbau-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 12.01.2022.
- Bayrisches Landesamt für Umweltschutz (Hg.) (2003): Kontaminierte Bausubstanz. Erkundung, Bewertung, Entsorgung. Unter Mitarbeit von Matthias Heinzl. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz. Augsburg (Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau). Online verfügbar unter [http://digital.bib-bvb.de/view/action/singleViewer.do?dvs=1638968498868~397&locale=de&VIEWER\\_URL=/view/action/singleViewer.do?&DELIVERY\\_RULE\\_ID=31&frameId=1&usePid1=true&usePid2=true](http://digital.bib-bvb.de/view/action/singleViewer.do?dvs=1638968498868~397&locale=de&VIEWER_URL=/view/action/singleViewer.do?&DELIVERY_RULE_ID=31&frameId=1&usePid1=true&usePid2=true), zuletzt geprüft am 08.12.2021.
- BBS Bau-Systeme Service GmbH (2016): Das Fensterbanksystem. Online verfügbar unter [http://www.bss-alu.de/BSS\\_Prospekt.pdf](http://www.bss-alu.de/BSS_Prospekt.pdf), zuletzt geprüft am 29.07.2021.
- BBS (Bundesverband Baustoffe) (2018): Mineralische Bauabfälle. Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016.
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (2020a): Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzdaten in die Online-Datenbank ÖKOBAUDAT. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/Einreichung/2020-04-07\\_Grundsaeetze\\_pub.pdf](https://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/Einreichung/2020-04-07_Grundsaeetze_pub.pdf), zuletzt geprüft am 07.09.2020.
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (2020b): Laufende Stadtbeobachtung - Raumabgrenzungen. Stadt- und Gemeindetypen in Deutschland. Online verfügbar unter [www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html), zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Beck, Richard; Erhorn, Hans; Friedrich, Markus; Görres, Jürgen; Rabenstein, Benjamin; Schrade, Johannes (2013): Geodaten für die Erstellung von Energiebilanzen und die Bewertung energiebezogener Maßnahmen. In: Marco K. Koch und Hermann-Josef Wagner (Hg.): Wettbewerb "Energieeffiziente Stadt". Band 1: Gebäude und Haushalte, Bd. 1. Münster: Lit Verl., S. 13-29.
- Benz GmbH & Co. KG Baustoffe (o. J.): Welche Maße haben Zimmertüren. Online verfügbar unter <https://benz24.de/zimmertueren-masse/>, zuletzt geprüft am 27.11.2020.
- Bergmann, Thomas; Bleher, Daniel; Jenseit, Wolfgang (2015): Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau. Materialaufwendungen und technische Lösungen. Hg. v. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE). Berlin.
- Bergsdal, H.; Bohne, R. A.; Brattebø, H. (2007): Projection of Construction and Demolition Waste in Norway. In: *Journal of Industrial Ecology*, S. 27-39.
- Berwanger, Jörg (o. J.): Garantie. Definition: Was ist "Garantie". Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/garantie-33325>, zuletzt geprüft am 07.12.2021.
- Betriebsatzung EAD (1994): Betriebsatzung des Eigenbetriebs für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen (EAD). Vom 05.10.1994. Hg. v. Magistrat der Stadt Darmstadt. Darmstadt. Online verfügbar unter <https://www.darmstadt.de/fileadmin/PDF-Rubriken/Rathaus/satzungen/714.pdf>, zuletzt geprüft am 19.08.2021.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (o. J.): Lexikon. Naturschutz, Umweltschutz, Tierschutz. Bonn. Online verfügbar unter <https://naturdetektive.bfn.de/lexikon/naturschutz/naturschutz-umweltschutz-tierschutz.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.

- 
- BGB (2002): Bürgerliches Gesetzbuch. In der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3515) geändert worden ist.
- BImSchG (2013): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist.
- BImSchV (2017): Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1799) geändert worden ist.
- business rocket GmbH (o. J.): Drückergarnitur für Haustüren-Langschilder- edles Design | PZ | Messing patiniert. Online verfügbar unter <https://www.handgefertigtes.de/tur-beschlage/hausturen/schwere-messing-turklinken-garnitur-fur-die-haustur-turset-hochste-qualitat-pz92.html>, zuletzt geprüft am 06.11.2020.
- BKI (Baukosteninformationszentrum für Architekten) (2020): BKI Baukosten Bauelemente Neubau 2020. Statistische Kostenkennwerte Bauelemente (Teil 1-3). 1. Auflage. Köln: Müller, Rudolf.
- Bleher, Daniel; Dehoust, Günter; Alwast, Holger; Grass, Verena; Thörner, Thorsten; Stuckenholz, Florian; Susset, Bernd; Ewen, Christoph; Albrich, Hans (2017): Planspiel Mantelverordnung: Aspekte der Kreislaufwirtschaft und des Bodenschutzes. Planspiel mit dem Ziel einer Gesetzesfolgenabschätzung zu den Auswirkungen der Mantelverordnung (aktuelle Entwurfsfassung). Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2017): Bekanntmachung. Förderrichtlinie "Stadt-Land-Plus" zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Themenbereich "Ressource Land". Bundesanzeiger vom 16.01.2017. Online verfügbar unter <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1297.html>, zuletzt geprüft am 27.05.2021.
- BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2021a): ÖKOBAUDAT. Archiv. Online verfügbar unter <https://www.oekobaudat.de/datenbank/archiv.html>, zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2021b): ÖKOBAUDAT. Datenbanksuche. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/no\\_cache/datenbank/suche.html](https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html), zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2021c): ÖKOBAUDAT. Online verfügbar unter <https://www.oekobaudat.de/>, zuletzt geprüft am 09.09.2021.
- BMJ (Bundesministerium der Justiz) (o. J.): Garantie und Gewährleistung. Verbraucherschutz. Online verfügbar unter [https://www.bmjv.de/DE/Verbraucherportal/KonsumImAlltag/MaengelGewaeehrleistung/MaengelGewaeehrleistung\\_node.html](https://www.bmjv.de/DE/Verbraucherportal/KonsumImAlltag/MaengelGewaeehrleistung/MaengelGewaeehrleistung_node.html), zuletzt geprüft am 09.12.2021.
- BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2021): Artenschutz. Online verfügbar unter <https://www.bmuv.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/artenschutz?msckid=0e22e0e5ae7b11ecb58c36286ef1ec96>, zuletzt geprüft am 13.04.2022.
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030. Hg. v. BMVI. Berlin.
- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2021): Projektinformationssystem (PRINS) zum Bundesverkehrswegeplan 2030 (Stand: Kabinettsbeschluss vom 03.08.2016 und der darauf basierenden Ausbaugesetze vom 02.12.2016). Online verfügbar unter <https://www.bvwp-projekte.de/>, zuletzt geprüft am 27.09.2021.

- 
- BNatSchG (2009): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3908) geändert worden ist.
- Bodden, Inge; Cronjaeger, Jan; Decker, Jürgen; Eurich, Martin; Finkenstein, Jens; Herold, Silke; Seidel, Ulrike; Verheyen, Markus (2018): Merkblatt zur Entsorgung von Bauabfällen. Hg. v. RP Darmstadt, RP Gießen und RP Kassel. Online verfügbar unter [https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/Baumerkblatt\\_2015-12-10.pdf](https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/Baumerkblatt_2015-12-10.pdf), zuletzt geprüft am 13.12.2021.
- Bossemeyer, Hans-Dieter; Dolata, Stephan; Schubert, Uwe; Zwiener, Gerd (2019): Schadstoffe im Baubestand. Mit Katalog nach Bauteilen und Gewerken. 2. Aufl. Köln: RM Rudolf Müller.
- BStatG (1987): Gesetz über die Statistik für Bundeszwecke (Bundesstatistikgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2394), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2727) geändert worden ist.
- Budler, M.; Župič, I.; Trkman, P. (2021): The development of business model research: A bibliometric review. In: *Journal of Business Research*, S. 480–495.
- BUGA 23 (Bundesgartenschau Mannheim 2023 gGmbH) (2023): BUGA 23: Kunstprojekt "Conversio" von Philipp Morlock auf Spinelli vorgestellt. Mannheim. Online verfügbar unter <https://www.buga23.de/pm-170223/>, zuletzt aktualisiert am 17.02.2023, zuletzt geprüft am 19.08.2023.
- Bühler, Peter.; Schlaich, Patrick.; Sinner, Dominik (2018): Webtechnologien. JavaScript - PHP - Datenbank. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Bibliothek der Mediengestaltung).
- Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/re-source/blob/975292/730844/3d30c6c2875a9a08d364620ab7916af6/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-neuauflage-2016-download-bpa-data.pdf?download=1>, zuletzt geprüft am 31.07.2023.
- Bundesverband Deutscher Anzeigenblätter e.V. (2018): Leistungsträger im Lokalen. Repräsentative Studie zur Medialeistung der Anzeigenblätter in Deutschland. Berlin. Online verfügbar unter [https://service.berliner-woche.de/fileadmin/verlag/pdf/services/BVDA\\_AQ\\_2018.pdf](https://service.berliner-woche.de/fileadmin/verlag/pdf/services/BVDA_AQ_2018.pdf), zuletzt geprüft am 09.05.2022.
- BUNDhintergrund (2015): Mehr Platz für Spatz & Co. Artenschutz an Gebäuden. Eine Informationsbroschüre für Architekten, Handwerker und Immobilienbesitzer. Hg. v. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. Landesverband Nordrhein-Westfalen e.V. Düsseldorf. Online verfügbar unter [https://www.bund-nrw.de/fileadmin/nrw/dokumente/Naturschutz/2015\\_10\\_BUNDhintergrund\\_Spatz\\_und\\_Co\\_web.pdf](https://www.bund-nrw.de/fileadmin/nrw/dokumente/Naturschutz/2015_10_BUNDhintergrund_Spatz_und_Co_web.pdf), zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Casadesus-Masanell, R.; Ricart, J. E. (2010): From strategy to business models and onto tactics. In: *Long range planning*, S. 195-215.
- Chesbrough, H.; Rosenbloom, R. S. (2002): The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin - off companies. In: *Industrial and corporate change*, S. 529-555.
- Christopher M., M.; Rosenbloom, R. S. (2004): The Burberry business model: creating an international luxury fashion brand. In: *International Journal of Retail & Distribution Management*, S. 412-422.
- Concular GmbH: Concular. Online verfügbar unter <https://concular.de>, zuletzt geprüft am 01.08.2023.
- Dachrinnen-Shop GmbH (2020a): Dachrinne (Aluminium). Online verfügbar unter <https://www.dachrinnen-shop.de/datenblatt.php?id=6724&kat=5801>, zuletzt geprüft am 04.11.2020.

- 
- Dachrinnen-Shop GmbH (2020b): Fallrohr (Aluminium). Online verfügbar unter <https://www.dachrinnen-shop.de/datenblatt.php?id=6724&kat=5801>, zuletzt geprüft am 04.11.2020.
- Da-Di-Werk (2018): Abfallwirtschaftskonzept 2018. Landkreis Darmstadt-Dieburg. Online verfügbar unter [https://www.ladadi.de/index.php?eID=tx\\_securedownloads&p=5647&u=1&g=0&t=1629362832&hash=4159ca1a4a4edae1d00ca723a89360c3451e94a1&file=fileadmin/user\\_upload/Medienarchiv/Abteilungen/B/Abfallwirtschaftskonzept18ges.pdf](https://www.ladadi.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=5647&u=1&g=0&t=1629362832&hash=4159ca1a4a4edae1d00ca723a89360c3451e94a1&file=fileadmin/user_upload/Medienarchiv/Abteilungen/B/Abfallwirtschaftskonzept18ges.pdf), zuletzt geprüft am 18.08.2021.
- DAfStb (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.) (Hg.) (2010): DAfStb-Richtlinie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620.
- DaSilva, C. M.; Trkman, P. (2014): Business model: What it is and what it is not. In: Long range planning, S. 379-389.
- DAV (Deutscher Asphaltverband e.V.) (2014): Wiederverwenden von Asphalt. Nachhaltigkeit auf höchstem Niveau. Bonn.
- DAV (Deutscher Asphaltverband e.V.) (2019): Wiederverwendung von Asphalt und alternative Verwertungskonzepte für Asphaltgranulat zur weiteren Steigerung der Nachhaltigkeit. Positionspapier. Bonn.
- DAV (Deutscher Asphaltverband e.V.) (2020): Asphaltproduktion in Deutschland (Stand Juni 2020). Online verfügbar unter [https://www.asphalt.de/fileadmin/user\\_upload/AsphaltP2019neu.pdf](https://www.asphalt.de/fileadmin/user_upload/AsphaltP2019neu.pdf), zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- Dechantsreiter, Ute (2016): Bauteile wiederverwenden - Werte entdecken. Ein Handbuch für die Praxis. München: oekom Verlag.
- Dechantsreiter, Ute; Horst, Peter; Mettke, Angelika; Asmus, Stefan; Schmidt, Stephanie; Knappe, Florian; Reinhardt, Florian; Theis, Stefanie; Lau, Jens Jürgen (2015): Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_93\\_2015\\_wiederverwertung\\_von\\_bauteilen\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_93_2015_wiederverwertung_von_bauteilen_0.pdf), zuletzt geprüft am 31.05.2021.
- Derer, Frank (o. J.): Hausrotschwanz. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/portraits/hausrotschwanz/>, zuletzt geprüft am 02.03.2023.
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2019): Abfallentsorgung - Fachserie 19 Reihe 1 - 2017. Wiesbaden.
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2022): Abfallbilanz 2020. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt aktualisiert am 30.06.2022, zuletzt geprüft am 25.10.2023.
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2023a): Baumaterialien im Jahr 2022 erneut stark verteuert (Pressemitteilung, N 006 vom 01. Februar 2023). Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23\\_N006\\_61.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/02/PD23_N006_61.html), zuletzt geprüft am 20.08.2023.
- Destatis (Statistisches Bundesamt) (2023b): Genesis Datenbank - Statistik der Baugenehmigungen. Werteabruf. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1700483193501&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=31111-0001&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf>, zuletzt aktualisiert am 20.08.2023, zuletzt geprüft am 15.11.2023.
- Detail (2022): Kreislaufwirtschaft. Bauen für die Energiewende / Urban Mining – Der Bestand als Ressource (11).

- 
- Deufel, Michael (2016): Die Eidechsen sollen sich vom Acker machen. Kreis Ludwigsburg: Artenschutz versus Bauen. Hg. v. Stuttgarter Zeitung Verlagsgesellschaft mbH. Online verfügbar unter <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.kreis-ludwigsburg-artenschutz-versus-bauen-die-eidechsen-sollen-sich-vom-acker-machen.e0f37429-7a7a-4e97-b378-c5c15d7e583f.html>, zuletzt geprüft am 07.03.2022.
- Deutscher Bundestag (2021): Mantelverordnung zur Verwertung mineralischer Abfälle beschlossen. Online verfügbar unter <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw23-de-ersatzbaustoff-846324>, zuletzt geprüft am 31.07.2023.
- Deutscher, Jens (2015): Forschungsvorhaben EUDYSÉ. Effizienz und Dynamik. Siedlungsentwicklung in Zeiten räumlich und zeitlich disparater Entwicklungstrends. Technische Universität Dresden, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft. Online verfügbar unter <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/iak/forschung/forschungsprojekte/eudyse>, zuletzt aktualisiert am 24.06.2016.
- Die Architekt (2020): Material der Stadt. Material gewordenes Zeichen, Zeichen gewordenes Material. Bund Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA) (4).
- Die Architekt (2022): Projekt Erde – Vom Wissen zur Alltagspraxis. Bund Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA) (4).
- Die Architekt (2023): Müll – Architektur und Stadt vom Ende her gedacht. Bund Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA) (4).
- Diehl, D. (2022): Fledermausschutz Südhessen e.V. E-Mail vom 29.04.2022.
- Dierks, Christian; Hagedorn, Tabea; Campitelli, Alessio; Bulach, Winfried; Zeller Vanessa (2021): Are LCA Studies on Bulk Mineral Waste Management Suitable for Decision Support? A Critical Review. In: Sustainability 2021 (13), S. 4686. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.3390/su13094686>.
- DIN 16760, 2016-02: Biobasierte Produkte - Ökobilanzen.
- DIN 267: 2018-12 (2018): Kosten im Bauwesen. Fundstelle: DIN-Normenausschuss NABau.
- DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.) (2023): DIN. Normen wirken deregulierend. Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/nutzen-fuer-die-oeffentliche-hand/deregulierung>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.
- DIN EN ISO 10209:2012-11 (2012): Technische Produktdokumentation - Vokabular - Begriffe für technische Zeichnungen, Produktdefinition und verwandte Dokumentation (ISO 10209:2012).
- DORMA (2018): TMS-Soft. Benutzerhandbuch. Online verfügbar unter <https://computime.de/wp-content/uploads/2018/11/handbuch-pdf-data.pdf>, zuletzt geprüft am 10.07.2021.
- Dudenverlag (2021): Best Practice. Online verfügbar unter [https://www.duden.de/rechtschreibung/Best\\_Practice](https://www.duden.de/rechtschreibung/Best_Practice), zuletzt geprüft am 30.08.2021.
- EAD (2021): Abfallberatung. Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen der Stadt Darmstadt. Online verfügbar unter <https://ead.darmstadt.de/leistungen-informationen/abfallverwertung/abfallberatung/>, zuletzt geprüft am 09.12.2021.
- EAD (Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen) (2018): Abfallwirtschaftskonzept 2018. Stadt Darmstadt. Online verfügbar unter [https://ead.darmstadt.de/fileadmin/user\\_upload/EAD/Da-teien/Wir\\_ueber\\_uns/Abfallwirtschaftskonzept-Wissenschaftsstadt-Darmstadt-2018.pdf](https://ead.darmstadt.de/fileadmin/user_upload/EAD/Da-teien/Wir_ueber_uns/Abfallwirtschaftskonzept-Wissenschaftsstadt-Darmstadt-2018.pdf), zuletzt geprüft am 18.08.2021.

- 
- ecoinvent Association (o. J.): Why ecoinvent. Online verfügbar unter <https://www.ecoinvent.org/database/buy-a-licence/why-ecoinvent/why-ecoinvent.html>, zuletzt geprüft am 09.09.2021.
- Erdmann, Markus (2020): Web-Videos - Das ist doch nichts für die Kommune, oder? Online verfügbar unter <https://andersneu.de/das-webvideo-das-ist-doch-nichts-fuer-die-kommune-oder/>, zuletzt geprüft am 03.08.2021.
- Fahrenkrug, Katrin; Kilian, Dagmar (2011): Gestaltung einer Image- und Wissenskampagne zum sparsamen Flächenmanagement. In: Stephanie Bock, Ajo Hinzen und Jens Libbe (Hg.): Nachhaltiges Flächenmanagement - Ein Handbuch für die Praxis. Ergebnisse aus der REFINA-Forschung, 178-184. Online verfügbar unter <https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/127284/1/DB1645.pdf>, zuletzt geprüft am 09.05.2022.
- Feußner, K.-E. (2022): Telefongespräch (nicht aufgezeichnet) mit Herrn Feußner (Leiter Kompetenzzentrum Fachwerk & Stabstelle Bauwesen bei der Freilichtmuseum Hessenpark GmbH).
- FFH-Richtlinie (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, die zuletzt durch Richtlinie 2013/17/EU des Rates vom 13. Mai 2013 geändert worden ist.
- Filgl, H.; Kusche, O. (2018): ÖKOBAUDAT-Handbuch. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/2018-03-18\\_OEBD-Handbuch\\_pub\\_01.pdf](https://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/2018-03-18_OEBD-Handbuch_pub_01.pdf), zuletzt geprüft am 08.09.2021.
- Friz Metallbau AG (o. J.): Stahlträger und Stahlstütze. Online verfügbar unter <https://www.stahltraeger24.de/wordpress/wp-content/uploads/2015/05/HEA200.pdf>, zuletzt geprüft am 10.07.2021.
- Fromm, Leonhard (2020): Recycling-Beton: Vom Bauschutt zum Baustoff. Über die schleppende Verwendung von recycling-Beton im Hochbau, Vorreiter-Projekte und Pioniere der Branche sowie einen Architekten, den die Vorteile überzeugten. Fachbeitrag (DAB Deutsches Architektenblatt). Online verfügbar unter <https://www.dabonline.de/2020/12/28/rc-beton-recycling-bauschutt-baustoff-umweltstation-wuerzburg/>, zuletzt geprüft am 19.08.2023.
- Führ, Martin; Rudolph-Cleff, Annette; Bizer, Kilian; Cichorowski, Georg (Hg.) (2018): Dämmen allein reicht nicht. Plädoyer für eine innovationsoffene Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich: oekom Verlag.
- Gabriel, Stephan; Hofert, Regine; Steinborn, Volker (2010): Arbeitsschutz bei Abbrucharbeiten. Hg. v. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund. Online verfügbar unter [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Praxis/A22.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Praxis/A22.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt geprüft am 04.02.2022.
- Gemeinde Münster (o. J.): Bauakte. Auszug. Unveröffentlicht.
- Gemeindeverwaltung Münster (2021): 4. Sitzung des Bau-, Planungs- und Umweltausschusses (öffentlich). Online verfügbar unter [https://muenster.more-rubin1.de/meeting.php?sid=ni\\_2021-BPU-77&suchbegriffe=&select\\_koerperschaft=&select\\_gremium=&datum\\_von=2011-04-01&datum\\_bis=2021-12-13&entry=510&sort=&kriterium=si](https://muenster.more-rubin1.de/meeting.php?sid=ni_2021-BPU-77&suchbegriffe=&select_koerperschaft=&select_gremium=&datum_von=2011-04-01&datum_bis=2021-12-13&entry=510&sort=&kriterium=si), zuletzt geprüft am 14.09.2021.
- Geoportal Hessen (o. J.): Geoportal Hessen. Online verfügbar unter <https://www.geoportal.hessen.de/>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.
- Gerhard G. (2022): Fotos auf Pixabay. Online verfügbar unter <https://pixabay.com/de/users/blende12-201217/>, zuletzt geprüft am 08.04.2022.



- 
- Gesamtverband Schadstoffsanierung (Hg.) (2010): Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden. Erfassen, bewerten, beseitigen. 1. Aufl. Köln: Müller.
- Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte Berlin (2000): Wohn- und Nutzflächenfaktor. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.
- Ginski, Sarah; Thissen, Fee (2017): Digital Multilateral? Die Rolle des Internets in dialogischen Prozessen der Stadtentwicklung. In: Information zur Raumentwicklung (6), S. 24-37. Online verfügbar unter [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2017/6/downloads/digital-multilateral.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2017/6/downloads/digital-multilateral.pdf?__blob=publicationFile&v=1), zuletzt geprüft am 09.05.2022.
- Gissendanner, Scott (2002): Die Bedeutung des Bürgermeisters für die strategische Entscheidungsfähigkeit deutscher Großstädte. In: Jörg Bogumil (Hg.): Kommunale Entscheidungsprozesse im Wandel. Theoretische und empirische Analysen. Wiesbaden, s.l.: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Stadtforschung aktuell, 87), S. 91-109.
- Göddecke-Stellmann, Jürgen (2013): Leben in der Stadt. Demografischer Wandel, Haushaltsstrukturen, Wohnzufriedenheit. Bonn (BBSR-Analysen kompakt, 06/2013). Online verfügbar unter [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2013/DL\\_6\\_2013.pdf;jsessionid=A57077E4E5EB7806DF15B4389C44F17A.live11291?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2013/DL_6_2013.pdf;jsessionid=A57077E4E5EB7806DF15B4389C44F17A.live11291?__blob=publicationFile&v=1), zuletzt geprüft am 31.07.2023.
- Götze, Jens; Göbbels, Matthias (2017): Einführung in die Angewandte Mineralogie. 1. Aufl. 2017. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1598431>.
- Günther, Edeltraud (o. J.): Schadstoff. Springer Gabler | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/schadstoff-42999>, zuletzt geprüft am 13.12.2021.
- Hagedorn, Tabea; Todorovska, Jelena; Dierks, Christian (2021a): Bilanzierung von treibhausgaseinsparpotenzialen von Fenstern. Exceltool. Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Hagedorn, Tabea; Todorovska, Jelena; Dierks, Christian (2021b): Ermittelte Triebhausgaseinsparpotenziale (WieBauin). Datensammlung in Excel. Darmstadt.
- HAKrWG (2013): Hessisches Ausführungsgesetz zum Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 6. März 2013. Zuletzt geändert durch Artikel 15 des Gesetzes vom 3. Mai 2018 (GVBl. S. 82).
- Halstenberg, Michael; Franßen, Gregor (2022): Regelwerke des Normungs- und technischen Zulassungswesens anhand des Themenkomplexes Recyclingverfahren und Weiter-/Wiederverwendung von Bauprodukten und Baustoffen. Studie im Auftrag des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie e.V. Düsseldorf. Online verfügbar unter [https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/Wiederverwendung\\_Bauprodukte\\_Roadmap\\_Studie.pdf](https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/Wiederverwendung_Bauprodukte_Roadmap_Studie.pdf), zuletzt geprüft am 30.06.2023.
- Hardys GmbH & Co. KG (o. J.): Repabad Jura Mineralguss Duschwanne Neu 100 x 80 cm. Online verfügbar unter <https://www.hardys24.de/repabad-jura-mineralguss-duschwanne-neu/re-0033444>, zuletzt geprüft am 04.03.2024.
- Hartmann, Florian; Kekhoff, Sven; Prause, Markus; Zimmermann, Eric; Ziser, Walter (2021): Preisanstieg bei Baumaterial: Folgen für Architekten. Deutsches Architektenblatt DAB online. Online verfügbar unter <https://www.dabonline.de/2021/05/19/preissteigerung-preisanstieg-baumaterial-baustoffe-teurer-architekten-baukosten-holz-stahl/>, zuletzt aktualisiert am 19.05.2021, zuletzt geprüft am 20.08.2021.

- 
- Hausl, Stephan; Biberacher, Markus (2012): Räumliche Aspekte in der regionalen Energiesystemoptimierung. In: Angewandte Geoinformatik, S. 492-501.
- Hawthorne, Christopher (2003): Turning Down the Global Thermostat. In: Metropolis Magazine Oktober 2003.
- HBauStatG (1988): Hochbaustatistikgesetz v. 5.5.1988 (BGBl. I S. 869), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728) geändert worden ist.
- HBO (2018): Hessische Bauordnung vom 28. Mai 2018. Zuletzt geändert durch Gesetz vom 3. Juni 2020 (GVBl. S. 378).
- HDSchG (2016): Hessisches Denkmalschutzgesetz vom 28. November 2016. Online verfügbar unter <https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/bshe/document/jlr-DSchGHE2016rahmen>, zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- Hebel, Dirk E. (2020): Ungeheure Möglichkeiten. Die Stadt als Rohstofflager. In: Die Architekt. Material der Stadt. (4), S. 24-27.
- Heimhelden (2021): Dachziegel-Maße – Standardmaße der verschiedenen Ziegel. Online verfügbar unter <https://www.heimhelden.de/dachziegel-masse#:~:text=Am%20bekanntesten%20ist%20sicherlich%20die,x%20330%20x%2022%20mm>), zuletzt geprüft am 26.07.2021.
- Henger, R.; Schier, M.; Voigtländer, M. (2015): Der künftige Bedarf an Wohnungen - Eine Analyse für Deutschland und alle 402 Kreise. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- Hiete, Michael; Stengel, Julian; Ludwig, Jens; Schultmann, Frank (2011): Matching construction and demolition waste supply to recycling demand: a regional management chain model. In: Building Research & Information 39 (4), S. 333-351. DOI: 10.1080/09613218.2011.576849.
- Hinzmann, M.; Araujo Sosa, A.; Hirschnitz-Garbers, M. (2019): Stärkung der Kreislaufführung von mineralischen Baustoffen mittels freiwilliger Selbstverpflichtung - Akteursperspektiven auf Bedarfe und Optionen. Akteursanalyse im Projekt Ressourcenpolitik 2 (PolRess 2). Ecologic Institut. Berlin.
- HMUELV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2008): Gebirgsstelze. *Motacilla cinerea*. Wiesbaden. Online verfügbar unter [https://natureg.hessen.de/resources/recherche/VSW/Voegel/NA\\_VSW\\_020\\_Steckbrief\\_Gebirgsstelze\\_Stand\\_2008\\_11.pdf](https://natureg.hessen.de/resources/recherche/VSW/Voegel/NA_VSW_020_Steckbrief_Gebirgsstelze_Stand_2008_11.pdf), zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2015): Abfallwirtschaftsplan 2015. Siedlungsabfälle und industrielle Abfälle.
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2017): Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2016. Wiesbaden.
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2021): Checkliste zur arten- und biotopschutzrechtlichen Vorprüfung nach §§ 18, 44 BNatSchG für Bauvorhaben. Wiesbaden. Online verfügbar unter [https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-03/checkliste\\_zur\\_arten\\_-\\_und\\_biotopschutzrechtlichen\\_vorpruefung.pdf](https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2022-03/checkliste_zur_arten_-_und_biotopschutzrechtlichen_vorpruefung.pdf), zuletzt geprüft am 29.03.2022.
- HMULV (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz) (2006): Rohstoffsicherung in Hessen. Online verfügbar unter <https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/geologie/rohstoffe/Rohstoffsicherung%20in%20Hessen.pdf>, zuletzt geprüft am 18.08.2021.
- HMWEVL (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landentwicklung) (2019): Mitteilung baugenehmigungsfreier und genehmigungsfreigestellter Vorhaben. Online verfügbar unter

- 
- [https://wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2021-07/bab\\_33\\_0.pdf](https://wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2021-07/bab_33_0.pdf), zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- HMWEVW (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen) (2015): Sanierungsoffensive 2016-2022. Online verfügbar unter [https://wirtschaft.hessen.de/sites/default/files/media/hmwvl/151019\\_sanierungsoffensive.pdf](https://wirtschaft.hessen.de/sites/default/files/media/hmwvl/151019_sanierungsoffensive.pdf), zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- Holz Riegel (o. J.): Bohlen und Latten. Online verfügbar unter <https://www.holz-riegel.de/bohlen-und-latten/>, zuletzt geprüft am 13.12.2020.
- Hörmann KG Verkaufsgesellschaft (o. J.): Eingangstüren. Stahl-/Aluminium-Eingangstüren in bewährter Hörmann Markenqualität. Online verfügbar unter <https://www.hoermann.de/private-bauherren-und-modernisierer/tueren/eingangstueren/>, zuletzt geprüft am 27.11.2020.
- Hornbach (2020): Einzeltor Arona 100 x 120 cm. Online verfügbar unter <https://www.hornbach.de/shop/Einzeltor-Arona-100-x-120-cm-kesseldruckimpraegniert/6273865/artikel.html>, zuletzt geprüft am 05.12.2020.
- Hornbach (2021): Duschwanne KALDEWEI SANIDUSCH 395 80 x 80 x 14 cm alpinweiß glänzend 331000010001. Online verfügbar unter <https://www.hornbach.de/shop/Duschwanne-Kaldewei-80x80x14-cm-weiss/1332930/artikel.html>, zuletzt geprüft am 18.03.2021.
- HSL (Hessisches Statistisches Landesamt) (2020): Abfallentsorgung in Hessen 2018. Wiesbaden.
- HSL (Hessisches Statistisches Landesamt) (o. J.): Hessische Gemeindestatistik. Ausgewählte Strukturdaten aus Bevölkerung und Wirtschaft. Wiesbaden. Online verfügbar unter [https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HESerie\\_mods\\_00000449](https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/HESerie_mods_00000449), zuletzt geprüft am 21.05.2021.
- Huijbregts, M. A.J.; Steinmann, Z. J. N.; Elshout, P. M. F.; Stam, G.; Verones, F.; Vieira, M. D. M.; Hollander, A.; Zijp, M.; van Zelm, R. (2017): ReCiPe 2016 v1.1. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report I: Characterization. RIVM Report 2016-0104a. Hg. v. National Institute for Public Health and the Environment. Bilthoven (RIVM Report, 2016-0104a).
- Huth, Alexandra (2018): Gebirgsstelze – Wippende Bachbewohnerin. Online verfügbar unter <https://www.vogelundnatur.de/vogelarten-gebirgsstelze/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V.) (2016a): Was bedeutet die Norm EN 15804? Online verfügbar unter [https://ibu-epd.com/faq-items/bedeutet-die-norm-en-15804/#:~:text=Die%20DIN%20EN%2015804%20\(h%C3%A4ufig,abgeleitet%2C%20verifiziert%20und%20dargestellt%20werden.,](https://ibu-epd.com/faq-items/bedeutet-die-norm-en-15804/#:~:text=Die%20DIN%20EN%2015804%20(h%C3%A4ufig,abgeleitet%2C%20verifiziert%20und%20dargestellt%20werden.,) zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V.) (2016b): Wie gelangen meine EPD-Daten in die Baustoffdatenbank ÖKO-BAUDAT? Online verfügbar unter <https://ibu-epd.com/faq-items/wie-gelangen-meine-epd-daten-in-die-baustoffdatenbank-oekobaudat-2/>, zuletzt geprüft am 07.09.2020.
- IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V.) (2020): Was ist eine EPD? Sinn und Nutzen von Umwelt-Produktdeklarationen. Online verfügbar unter <https://ibu-epd.com/epd-programm/>, zuletzt geprüft am 09.09.2021.
- ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH) (2016): Optimierung der Ressourceneffizienz in der Bauwirtschaft: R-Beton hilft Stoffkreisläufe schließen. Fachsymposium beim Innenministerium des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart 2016. Online verfügbar unter [http://www.rc-beton.de/vortraege\\_pdfs/Symposium-R-BetonBeton-20-01-2016.pdf](http://www.rc-beton.de/vortraege_pdfs/Symposium-R-BetonBeton-20-01-2016.pdf), zuletzt geprüft am 15.08.2023.

- 
- Info-b (Informationsgemeinschaft Betonwerkstein e.V.) (o. J.): Willkommen bei der Informationsgemeinschaft Betonwerkstein. Online verfügbar unter [https://www.infob.de/index.php?go=infos&to=terrazzo\\_info](https://www.infob.de/index.php?go=infos&to=terrazzo_info), zuletzt geprüft am 23.11.2020.
- ISO 14040, 2020: ISO 14040:2006 + AMD 1:2020. Environmental management–Life cycle assessment–Principles and framework.
- ISO 14044, 2020: ISO 14044:2006 + AMD 1:2017 + AMD 2:2020. Environmental management–Life cycle assessment–Requirements and guidelines.
- Iwanow, I.; Gutting, R.; Müller, M. (2014): Entwicklung des Wohnungsbedarfs in Baden-Württemberg seit dem Zensus 2011. Dresden: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR).
- IWU (Institut Wohnen und Umwelt) (2003): Deutsche Gebäudetypologie: Systematik und Datensätze. Darmstadt.
- John, Viola; Stark, Thomas (2021): Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten (RE-USE). Potenzial zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und Realisierung eines Pilotprojektes. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Online verfügbar unter [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-27-2021-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-27-2021-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt geprüft am 04.02.2022.
- Johnson, M. W.; Christensen, C. M.; Kagermann, H. (2008): Reinventing your business model. In: Harvard business review, S. 57-69.
- Johnstone, I. M. (2001): Energy and mass flows of housing: estimating mortality. In: Building and Environment, S. 43-51.
- KANN Bausysteme GmbH (o. J.): Häufige Fragen. Pflastersteine. Online verfügbar unter <https://www.kann-bausysteme.de/service/pflasterflaechen/fragen-und-antworten>, zuletzt geprüft am 10.07.2021.
- Katerusha, Dmytro (2020): Einsatz von Recyclingbeton im Hochbau fördern: D versus CH. In: Züricher Umweltpraxis ZUP (98), S. 41-44.
- Kess, Marie (2017): Marode Bodenbalken erneuern und neu auflagern. Online verfügbar unter <https://www.1-2-do.com/projekt/marode-bodenbalken-erneuern-und-neu-auflagern/bauanleitung-selber-bauen/4007419>, zuletzt geprüft am 11.02.2017.
- KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) (2022): Ihre Förderung für Haus und Wohnen. Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/>, zuletzt geprüft am 08.03.2022.
- Kilb, Jessica (2020): Entwicklung einer Methodik für die Bewertung der Schadstoffbelastung von bestehenden Gebäuden auf Bauteilebene. Bachelorthesis. Unveröffentlicht. Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR; Betreuer: Prf. Dr. rer. nat. Liselotte Schebeck, M. Sc. Christian Dierks & Dr.-Ing. Anna Kühlen.
- Kirchner, Joachim.; Rodenfels, Markus (2017): Wohnungsbedarfsprognose für die hessischen Landkreise und kreisfreien Städte. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt.
- Klotz, Karlhorst (2022): Kreislaufwirtschaft. Inkonsequenz bremst Recyclingbeton. Hg. v. VDI Verband Deutscher Ingenieure. Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/news/detail/inkonsequenz-bremst-recycling-beton>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.
- Kluge, Ekkegard; Blanke, Ina; Laufer, Hubert; Schneeweiß, Norbert (2013): Die Zauneidechse und der -gesetzliche Artenschutz. In: Naturschutz und Landschaftspflege. Zeitschrift für angewandte Ökologie (9), S. 287-

- 
289. Online verfügbar unter [https://www.nul-online.de/artikel.dll/NuL09-13-Inhalt-286-292-1\\_Mzk5NDY3Mw.PDF?UID=553C6BB310FD56BA0230498EADE91DDD682407D003F727](https://www.nul-online.de/artikel.dll/NuL09-13-Inhalt-286-292-1_Mzk5NDY3Mw.PDF?UID=553C6BB310FD56BA0230498EADE91DDD682407D003F727), zuletzt geprüft am 07.03.2022.
- Knappe, F.; Reinhardt, J.; Schorb, A.; Theis, S.; Feeß, W.; Fritz, E.; Dziadek, B.; Lieber, R.; Landmann, M.; Mändle, J. (2017): Leitfaden zum Einsatz von R-Beton. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UMBW). Stuttgart.
- Knappe, Florian; Reinhardt, Joachim; Bergmann, Thomas (2015): Substitution von Primärrohstoffen im Straßen- und Wegebau durch mineralische Abfälle und Bodenaushub; Stoffströme und Potenziale unter Berücksichtigung von Neu-, Aus- und Rückbau sowie Instandsetzung. Unter Mitarbeit von Ingolf Keck und Susanne Köstlin. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Knappe, Florian; Theis, Stefanie (2016): Abfallvermeidung in der Baubranche. Informationen für Bauherren, Architekten und alle am Bau Interessierten. Unter Mitarbeit von ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Heidelberg.
- Komatsu, Y.; Katyo, Y.; Yashiro, T. (1994): Survey on the life of buildings in Japan. In: Strategies & Technologies for Maintenance & Modernization of Building, S. 1-8.
- Kraus, Petra; Weitz, Heinrich (2021): Preisentwicklung am Bau: Deutliche Preissteigerungen bei Baumaterialien zu Jahresbeginn 2021. Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. Berlin (Bauindustrie ...auf den Punkt gebracht). Online verfügbar unter [https://bauwirtschaft-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Auf\\_den\\_Punkt\\_gebracht\\_-\\_Baumaterialpreissteigerungen\\_Jahresbeginn\\_2021.pdf](https://bauwirtschaft-bw.de/fileadmin/user_upload/Auf_den_Punkt_gebracht_-_Baumaterialpreissteigerungen_Jahresbeginn_2021.pdf), zuletzt geprüft am 20.08.2021.
- Kreisausschuss Wetteraukreis (2021): Einzelkulturdenkmal. Online verfügbar unter <https://wetteraukreis.de/service/bauen-wohnen/dienstleistungen/einzelkulturdenkmal>, zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- Kreislaufwirtschaft Bau (2018): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016. Hg. v. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. Berlin.
- Kreislaufwirtschaft Bau (2021): Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2018. Hg. v. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V. Berlin.
- KrWG (2012): Kreislaufwirtschaftsgesetz. Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz). Vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.
- Kugler, M. (o. J.): Mauersegler, Mehlschwalbe.
- Kugler, Nina (2023): Vonovia wartet mit Bau von 60.000 Wohnungen - scharfe Kritik. Berliner Morgenpost. Online verfügbar unter <https://www.morgenpost.de/wirtschaft/article239619151/wohnungen-mietwohnung-wohnungsmangel-vonovia.html#:~:text=Bereits%20Anfang%20des%20Jahres%20hatte,bald%20wieder%20lohnt%20und%20rechnet>, zuletzt aktualisiert am 20.09.2023.
- Labidi, Nourdin (2023): Baumaterialien wiederverwenden. Ein Handbuch für alle zum Entdecken und Nachschlagen. 3. Aufl. Hg. v. Technische Universität Darmstadt (Forschungsprojekt WieBauin). Darmstadt.

- 
- LaDaDi (Landkreis Darmstadt-Dieburg) (2021): Kreisstatistik: Gebiet. Online verfügbar unter <https://www.ladadi.de/landkreis-verwaltung/der-kreis/kreisstatistik/gebiet.html>, zuletzt geprüft am 25.05.2021.
- Landesamt für Denkmalpflege Hessen (1988): Denkmaltopographie Bundesrepublik Deutschland. Kulturdenkmäler in Hessen. Landkreis Darmstadt-Dieburg. Unter Mitarbeit von Enders, Siegfried R. C. T.
- Landesamt für Denkmalpflege Hessen (2022): Kulturdenkmäler in Hessen. Recherche nach Kulturdenkmälern und Gesamtanlagen. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://denkxweb.denkmalpflege-hessen.de/>, zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- Landesamt für Denkmalpflege Hessen (o. J.a): Erläuterungen zu Kulturdenkmälern. Mein Haus wird Denkmal! Online verfügbar unter <https://lfd.hessen.de/service/tipps-f%C3%BCr-denkmaleigent%C3%BCmer/mein-haus-wird-denkmal>, zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- Landesamt für Denkmalpflege Hessen (o. J.b): Umgang mit einem Denkmal. Rechte und Pflichten eines Denkmaleigentümers. Online verfügbar unter <https://lfd.hessen.de/service/hinweise-f%C3%BCr-denkmaleigent%C3%BCmer/umgang-mit-einem-denkmal>, zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- Landratsamt Kitzingen (o. J.): Abbruch von Gebäuden. Online verfügbar unter <https://www.abfallwelt.de/baugewerbe/bauabfaelle/abbruch-von-gebaeuden/>, zuletzt geprüft am 08.12.2021.
- Lendager, Anders (2023): Vortrag UIA World Congress of Architects (28. Weltkongress der Architekten). Kopenhagen, 04.07.2023.
- Lepple, Michael (o. J.): Lampen aus Holzbalken. Online verfügbar unter <https://www.upcycling-wohnart.de/moebel-lampen-lampen-holzbalken-upcycling-wohnart/>, zuletzt geprüft am 04.02.2022.
- Linke, Hans-Joachim; Dettweiler, Martina; Vogt, Joachim; Spatz, Lena; Klien, Eva; Rix, Joachim; Franke, Wiebke (2019): AktVis - Aktivierung von Flächenpotenzialen für eine Siedlungsentwicklung nach innen – Beteiligung und Mobilisierung durch Visualisierung. Gemeinsamer Schlussbericht 2019. Online verfügbar unter <https://www.aktvis.de/das-projekt/handlungsempfehlungen-und-schlussbericht/>, zuletzt geprüft am 14.06.2021.
- Madaster Germany GmbH (2024): madaster - die Plattform für Bestandserhalt, nachhaltige Planung und Industrial ReUse. Online verfügbar unter <https://madaster.de/>, zuletzt geprüft am 07.03.2024.
- Mai, Lothar; Oehsen, Dennis von (2022): Radio- und Audionutzung weiterhin auf hohem Niveau. Ergebnisse der ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2022. In: Media Perspektiven (9), S. 439-445. Online verfügbar unter [https://www.ard-zdf-massenkommunikation.de/files/Download-Archiv/MK\\_Trends\\_2022/2209\\_Mai\\_von-Oehsen.pdf](https://www.ard-zdf-massenkommunikation.de/files/Download-Archiv/MK_Trends_2022/2209_Mai_von-Oehsen.pdf), zuletzt geprüft am 27.10.2022.
- Manufactum GmbH (o. J.): Fenstergriff Messing vernickelt. Online verfügbar unter <https://www.manufactum.de/fenstergriff-messing-vernickelt-a58045/>, zuletzt geprüft am 06.11.2020.
- Mersiowski, I.; Schulz, M. (2014): Critical Review Summary. Online verfügbar unter [http://www.gabi-software.com/uploads/media/Critical\\_review\\_by\\_DEKRA\\_2014\\_07.pdf](http://www.gabi-software.com/uploads/media/Critical_review_by_DEKRA_2014_07.pdf), zuletzt geprüft am 07.09.2020.
- Mersiowsky, I.; Schulz, M. (2014): Critical Review Summary. Online verfügbar unter [http://www.gabi-software.com/uploads/media/Critical\\_review\\_by\\_DEKRA\\_2014\\_07.pdf](http://www.gabi-software.com/uploads/media/Critical_review_by_DEKRA_2014_07.pdf), zuletzt geprüft am 07.09.2020.
- Mettke, A.; Filonenko, M.; Fischer, J. (2019): Ressourceneffizienz und Umweltkommunikation: Nutzung von mineralischen Sekundärrohstoffen am Beispiel des Landes Berlin. Abschlussbericht. Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg. Cottbus.

- 
- Motzko, Christoph; Klingenberger, Jörg; Wöltjen, Jan; Löw, Daniela (2016): Bewertungsmatrix für die Kostenplanung beim Abbruch und Bauen im Bestand. Datenbanksystem zur Analyse und Bewertung in Bezug auf Kosten, Technologien, Daten: Fraunhofer IRB Verlag.
- Müller, D. B. (2006): Stock dynamics for forecasting material flows—Case study for housing in The Netherlands. In: Ecological Economics, S. 142-156.
- NABU Landesverband Niedersachsen e. V. (o. J.): Die Bachstelze. Mit trippelndem Gang und wippendem Schwanz. Online verfügbar unter <https://niedersachsen.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/vogelarten/singvoegel/28283.html>, zuletzt geprüft am 08.04.2022.
- NABU (Naturschutzbund) (o. J.a): Keine Angst vor Bissattacken. Tollwütige Fledermäuse sind selten. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeugetiere/fledermaeuse/wissen/01374.html>, zuletzt geprüft am 07.03.2022.
- NABU (Naturschutzbund) (o. J.b): NABU-Fledermaustelefon und FAQs. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeugetiere/fledermaeuse/18829.html?werbocode=rk>, zuletzt geprüft am 07.03.2022.
- NABU (Naturschutzbund) (o. J.c): Weißstorch-FAQ. Berlin. Online verfügbar unter <https://bergenhusen.nabu.de/weissstorch/faq.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- natureplus e.V.; baubook GmbH (2021): natureplus - Produktdatenbank. Online verfügbar unter <https://www.natureplus.org/index.php?id=45>, zuletzt geprüft am 04.05.2021.
- Natursteinpark Ruhr (o. J.): Natursteine im Garten. Sandsteinstufen. Online verfügbar unter <https://www.natursteinpark-ruhr.de/de/natursteine/natursteine-im-garten/natursteinstufen/sandsteinstufen.html>, zuletzt geprüft am 24.11.2020.
- Neuffer Fenster + Türen GmbH (o. J.): Tür (Holz). Online verfügbar unter <https://www.fensterversand.com/haustuer-masse.php#:~:text=Je%20nach%20Material%20variieren%20die,2385%20mm%20in%20der%20H%C3%B6he>, zuletzt geprüft am 05.08.2021.
- NEXTREND - GmbH (2024): Bernstein. Freistehende Badewanne RELAX aus Mineralguss - 176 x 103 cm - verschiedene Farben - Zubehör optional. Online verfügbar unter <https://bernstein-badshop.de/Freistehende-Badewanne-aus-Mineralguss-RELAX-176x103cm-verschiedene-Farben-Zubehoer-optio-nal/25152>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Oberacker, R. (2010): Technische Beratung: EnEV und Produktnorm. Online verfügbar unter <https://www.gffmagazin.de/files/smfiledata/1/7/2/4/1/1/enevproduktnorm.pdf>, zuletzt geprüft am 12.09.2021.
- OBI (2020): Sichtschutzzaun-Element Hamburg gerade druckimprägniert 180 cm x 180 cm. Online verfügbar unter <https://www.obide.de/p/6599054/sichtschutzzaun-element-hamburg-gerade-druckimpraegniert-180-cm-x-180-cm>, zuletzt geprüft am 05.12.2020.
- OBI (2021): Standard-Waschbecken 60 cm Rund Weiß. Online verfügbar unter [https://www.obide.de/handwaschbecken/standard-waschbecken-60-cm-rund-weiss/p/5771753?wt\\_mc=gs.pla.Bad.Waschbecken.Handwaschbecken&wt\\_cc1=1057762780&wt\\_cc4=c&wt\\_cc9=67011122143&gclid=Cj0KCQjwI9GCBhDvARIsAFunhsmF0skph4nozYUsF2x2kT-7LjGwArfw2HGjre1G1FoXtv2pGr5PZn8aAuYJELw\\_wcB](https://www.obide.de/handwaschbecken/standard-waschbecken-60-cm-rund-weiss/p/5771753?wt_mc=gs.pla.Bad.Waschbecken.Handwaschbecken&wt_cc1=1057762780&wt_cc4=c&wt_cc9=67011122143&gclid=Cj0KCQjwI9GCBhDvARIsAFunhsmF0skph4nozYUsF2x2kT-7LjGwArfw2HGjre1G1FoXtv2pGr5PZn8aAuYJELw_wcB), zuletzt geprüft am 19.03.2021.
- Odenwald-Akademie (2023): Veranstaltung am 23. Februar 2023. Erbach.

- 
- ÖKOBAUDAT: Bade- und Duschwanne Acryl (d). 2021. Online verfügbar unter [https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&version=20.19.120&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=d](https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&version=20.19.120&stock=OBD_2021_I&lang=d), zuletzt geprüft am 31.05.2021.
- Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2010): Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- PE INTERNATIONAL AG (2013): Anpassung der Ökobau.dat an die europäische Norm EN 15804. Leinfelden-Echterdingen. Online verfügbar unter [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2013/AnpassungOekobaudat/Endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2013/AnpassungOekobaudat/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1), zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- PETA Deutschland (People for the Ethical Treatment of Animals Deutschland) (2019): Stadttauben: Was Sie über diese Vögel wissen sollten. Stuttgart. Online verfügbar unter <https://www.peta.de/themen/stadttauben/>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Pfeiffer-Goldmann, Dennis (2022): Frankfurter Wohnungsbau in Not: "Neue Projekte sind nicht mehr finanzierbar". Frankfurter Neue Presse. Online verfügbar unter <https://www.fnp.de/frankfurt/mehr-finanzierbar-frankfurter-wohnungsbau-in-not-neue-projekte-sind-nicht-91753156.html>, zuletzt aktualisiert am 31.08.2022, zuletzt geprüft am 30.11.2022.
- Piede, Sarah (2017): Hyggehomeberlin - Der Abriss. Online verfügbar unter <https://eatbloglove.de/hyggehomeberlin-der-abriss/>, zuletzt geprüft am 11.02.2022.
- Potrykus, Alexander; Zotz, Ferdinand; Aigner, Joachim Felix; Weißenbacher, Jakob; Burgstaller, Maria; Abraham, Veronika; Merzoug, Luca; Thome, Volker; Dittrich, Sebastian; Leiss, Norbert (2021): Prüfung möglicher Ansätze zur Stärkung des Recyclings, zur Schaffung von Anreizen zur Verwendung recycelbarer Materialien und zur verursachergerechten Zuordnung von Entsorgungskosten im Bereich der Bauprodukte. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021\\_01\\_11\\_texte\\_05-2021\\_bauprodukte\\_recycling.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_01_11_texte_05-2021_bauprodukte_recycling.pdf), zuletzt geprüft am 07.12.2021.
- Produktgesellschaft mbH & Co. KG (o. J.): Fenstergriff Messing poliert vernickelt. Online verfügbar unter <https://www.produktgesellschaft.de/de/tuer-fenster/fenstergriff-messing-poliert-vernicket.html>, zuletzt geprüft am 05.01.2021.
- restado UG (2021): restado - Der Markplatz für zirkuläre Baustoffe. Online verfügbar unter <https://restado.de/ueber-restado/>, zuletzt geprüft am 08.07.2021.
- Richtlinie 2009/125/EG: Richtlinie 2009/125/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte.
- Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung der ländlichen Entwicklung (2018): Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung der ländlichen Entwicklung.
- RP Darmstadt (o. J.): Bau- und Gewerbeabfall. Einstufung und Entsorgung von Bau- und Gewerbeabfällen. Online verfügbar unter <https://rp-darmstadt.hessen.de/umwelt/abfall/bau-und-gewerbeabfall>, zuletzt geprüft am 09.12.2021.
- RP Darmstadt (Regierungspräsidium Darmstadt) (2011): Regionalplan Südhessen / Regionaler Flächennutzungsplan 2010. Darmstadt.



- 
- RP Darmstadt (Regierungspräsidium Darmstadt) (2018): Bau- und Gewerbeabfall. Online verfügbar unter <https://rp-darmstadt.hessen.de/umwelt-und-energie/abfall/bau-und-gewerbeabfall/bodenmaterial-und-bauschutt>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.
- RP Gießen (Regierungspräsidium Gießen) (o. J.): Besonders geschützte Tier- und Pflanzenarten. Gießen. Online verfügbar unter <https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/content-downloads/Besonders%20gesch%C3%BCtzte%20Tier-%20und%20Pflanzenarten.pdf>, zuletzt geprüft am 08.03.2022.
- Rudolph-Cleff, Annette (04.07.2023): Interview mit Anders Lendager, Architekt & CEO Lendager, Kopenhagen. Gesprächsnotizen. Interview mit Anders Lendager. UIA 2023 Kopenhagen.
- Rudolph-Cleff, Annette; Labidi, Nourdin (2023): Urban Mining. Architektur der Wiederverwendung in der Lehre. In: Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen (Hg.): Kreislaufwirtschaft. Wiesbaden (Sustainability Paper, 3), S. 80-91.
- Runder Tisch (2022): Runder Tisch am 23. November 2022 in Dieburg. Organisiert und ausgerichtet vom WieBauin-Team im Rahmen des Forschungsprojektes WieBauin.
- Runge, J. (2022): e-commerce Magazin. Von D2C im E-Commerce: Warum Direct to Consumer die Zukunft ist. Online verfügbar unter <https://www.e-commerce-magazin.de/d2c-im-e-commerce-warum-direct-to-consumer-die-zukunft-ist/>, zuletzt geprüft am 06.07.2022.
- Sandberg, N. H.; Sartori, I.; Brattebø, H. (2014): Sensitivity analysis in long-term dynamic building stock modeling - Exploring the importance of uncertainty of input parameters in Norwegian segmented dwelling stock model. In: Energy and Buildings, S. 136-144.
- Sartori, I.; Bergsdal, H.; Müller, D. B.; Brattebø, H. (2008): Towards modelling of construction, renovation and demolition activities: Norway's dwelling stock, 1900–2100 Building Research & Information, S. 412-425.
- Schäfer (2022): Fotos im Rahmen der Ausstellung ‚UpCycling :: ReUse‘ des Mainzer Zentrums Baukultur Rheinland-Pfalz. Mainz.
- Schiller, Georg; Deilmann, Clemens (2010): Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung. Unter Mitarbeit von Karin Gruhler, Partic Röhm, Jan Reichenbach, Janett Baumann und Marko Günther. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (56). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4040.pdf>, zuletzt geprüft am 07.06.2021.
- Schiller, Georg; Gruhler, Karin; Deilmann, Clemens; Ortlepp, Regine (2016): Closed Loop MFA - an approach to quantify material loops. In: ISIE SEM-AP2016 book of proceedings. Socio-Economic Metabolism & Asia-Pacific Conference, Nagoya, S. 79.
- Schiller, Georg; Ortlepp, Regine; Krauß, Norbert; Steger, Sören; Schütz, Helmut; Acosta Fenández, José; Reichenbach, Jan; Wagner, Jörg; Baumann, Janett (2015): Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA Texte, 83/2015). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-in-deutschland>, zuletzt geprüft am 31.07.2023.
- Schmidmeyer, Stefan (2014): Markt für mineralische Recycling-Baustoffe. Erfahrungen aus der Praxis. In: Karl J. Thomé-Kozmiensky (Hg.): Mineralische Nebenprodukte und Abfälle. Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen. Neuruppin: TK-Verlag, S. 105-116.
- Schreyer, P. (2009): Measuring capital - OECD manual 2009. Paris: OECD Publishing.

- 
- Schwarzkopp, Fritz; Drescher, Jochen; Gornig, Martin; Blazejczak, Jürgen (2016): Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland. Hg. v. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. Berlin.
- Schwenk Zement GmbH & Co. KG (2021): Recyclingbeton – Nachfrage und Beratung nimmt zu. Online verfügbar unter <https://www.schwenk.de/recyclingbeton-nachfrage-und-beratung-nimmt-zu/>, zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- Sigmund, Bettina (2019): Mehr.WERT.Pavillon aus Recycling-Materialien. DETAIL Business Information GmbH. Online verfügbar unter [https://www.detail.de/de\\_de/mehrwertpavillon-aus-recycling-materialien-34090](https://www.detail.de/de_de/mehrwertpavillon-aus-recycling-materialien-34090), zuletzt aktualisiert am 07.05.2019, zuletzt geprüft am 19.08.2023.
- Sphera (2020): GaBi Datenbanken. Online verfügbar unter <https://gabi.sphera.com/deutsch/datenbanken/gabi-datenbanken/>, zuletzt geprüft am 27.09.2021.
- Staatsanzeiger für das Land Hessen. 2. Januar 2023 (2023) (Nr. 1).
- Stadt Griesheim (2022): Fotos im Rahmen der Abschlussveranstaltung ‚Ortsbildrahmenplan – Bürgerbeteiligung‘ der Stadt Griesheim. Griesheim.
- Stadt Zürich Hochbaudepartement (2017a): Nachhaltiges Bauen: Bedingungen für Werkleistungen (Hochbau). Online verfügbar unter <https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/hbd/Deutsch/Hochbau/Weitere%20Dokumente/Fachstellen/Nachhaltiges-Bauen/Vorgaben/Nachhaltiges-Bauen-Bedingungen-fuer-Werkleistungen.pdf>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.
- Stadt Zürich Hochbaudepartement (2017b): Umweltgerechtes Bauen: Bedingungen für Planungsleistungen (Hochbau). Online verfügbar unter <https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/hbd/Deutsch/Hochbau/Weitere%20Dokumente/Fachstellen/Nachhaltiges-Bauen/Vorgaben/Nachhaltiges-Bauen-Bedingungen-fuer-Planungsleistungen.pdf>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2018): Konzept zur faktischen Anonymisierung statistischer Einzelangaben (§ 16 Abs. 6 BStatG), Scientific-Use-File (SUF) der Statistik des Bauabgangs.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020): Baugenehmigungen / Baufertigstellungen - Lange Reihen z.T. ab 1949 - 2020.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2022): Statistische Ämter des Bundes und der Länder - Forschungsdatenzentrum - Bedingungen der Datennutzung. Online verfügbar unter <https://www.forschungsdatenzentrum.de/de/bedingungen>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020): Umrechnungsfaktoren. Online verfügbar unter [https://www.statistik-bw.de/DatenMelden/Formularservice/33\\_A\\_Umrechnungsfaktoren.pdf](https://www.statistik-bw.de/DatenMelden/Formularservice/33_A_Umrechnungsfaktoren.pdf), zuletzt geprüft am 01.08.2020.
- Steger, Sören; Ritthoff, Michael; Bulach, Winfried; Schüler, Doris; Kosinska, Izabela; Degreif, Stefanie; Dehoust, Günter; Bergmann, Thomas; Krause, Peter; Oetjen-Dehne, Rüdiger (2019): Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA Texte, 34/2019).
- Sternboeck (2014): Garderobe aus alten Holzbalken. Userprojekt. Hg. v. Bauer Xcel Media Deutschland KG. Online verfügbar unter <https://www.selbst.de/userprojekt-moebel-holz-garderobe-aus-alten-holzbalken-34693.html>, zuletzt geprüft am 04.02.2022.

- 
- Stiftung Warentest (2021): Privatverkauf im Internet. Haftung ausschließen als Verkäufer. Online verfügbar unter <https://www.test.de/Verkauf-im-Internet-Haftung-ausschliessen-als-Verkaeuer-4533698-0/>, zuletzt geprüft am 01.12.2021.
- Stürmer, Sylvia; Kulle, Christoph (2017): Untersuchung von Mauerwerksabbruch (verputztes Mauerwerk aus realen Abbruchgebäuden) und Ableitung von Kriterien für die Anwendung in Betonen mit rezyklierter Gesteinskörnung (RC-Beton mit Typ 2 Körnung) für den ressourcenschonenden Hochbau. Unter Mitarbeit von IAB Weimar und ifeu Heidelberg. Online verfügbar unter <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/2017-10-17-Abschlussbericht-RC-Beton.pdf>, zuletzt geprüft am 01.08.2023.
- Südtiroler Landesverwaltung (2023): Gebäudekataster. Hg. v. Autonome Provinz Bozen - Südtirol. Online verfügbar unter <https://www.provinz.bz.it/bauen-wohnen/kataster-grundbuch/kataster/gebäudekataster.asp>, zuletzt geprüft am 22.11.2023.
- SWR Aktuell (Südwestrundfunk) (2022): Weniger Bauschutt - Mehr Wiederverwendung am Haus. Eine Sendung mit Elke Klingenschmitt (SWR Aktuell Global - der Podcast), 05.05.2022. Online verfügbar unter <https://www.swr.de/swraktuell/radio/global-umweltmagazin-podcast-100.html>, zuletzt geprüft am 27.10.2022.
- TA Lärm: Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503) Geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5).
- Tang, S.; Zhang, L.; Hao, Y.; Chang, Y.; Liu, G.; Liu, Q.; Li, X. (2021): System dynamics modeling for construction material flows of urban residential building: A case study of Beijing, China. Resources, Conservation and Recycling.
- Team Hub (2022): Digitalhub. Von Wie setzt du einen Marketplace auf? Online verfügbar unter <https://www.digitalhub.de/wie-setzt-du-einen-marketplace-auf/>, zuletzt geprüft am 05.10.2023.
- Teutsch, Oliver (2022): Frankfurt: ABG baut wegen hoher Baukosten weniger Wohnungen. Frankfurter Rundschau. Online verfügbar unter <https://www.fr.de/frankfurt/frankfurt-abg-baut-wegen-hoher-baukosten-weniger-wohnungen-91863816.html>, zuletzt geprüft am 20.08.2023.
- Timmers, P. (1998): Business Models for Electronic Markets. In: Electronic Markets, S. 3-8.
- Treffer, Gerd (2018): Kommunale Pressearbeit. Darstellung. 3. Auflage. Wiesbaden: Kommunal- und Schul-Verlag.
- TU Darmstadt, Institut IWAR (Technische Universität Darmstadt, Institut IWAR) (2016): r3-Verbundprojekt: Techno-ökonomische Potenziale der Rückgewinnung von Rohstoffen aus dem Industrie- und Gewerbegebäude-Bestand - PRRIG. Schlussbericht: Projektlaufzeit: 01.04.2013 bis 30.06.2016. DOI: 10.2314/GBV:882209140.
- TU Darmstadt (Technische Universität Darmstadt) (o. J.): RessStadtQuartier. Urbanes Stoffstrommanagement: Instrumente für die ressourceneffiziente Entwicklung von Quartieren. Online verfügbar unter <https://www.resquartier.de/index.html>, zuletzt geprüft am 07.03.2024.
- UBA (Umweltbundesamt) (2016): Einstufung von Abfällen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/abfallarten/einstufung-von-abfaellen>, zuletzt geprüft am 12.01.2022.
- UBA (Umweltbundesamt) (2021): ProBas. Willkommen bei ProBas. Online verfügbar unter <https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>, zuletzt geprüft am 27.09.2021.

- 
- UBA (Umweltbundesamt) (2022): Schutz von Tieren und Pflanzen. Wien/Österreich. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/naturschutz/artenschutz>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- UBA (Umweltbundesamt) (2023): Bauabfälle. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/bauabfaelle#verwertung-von-bau-und-abbruchabfallen>, zuletzt geprüft am 31.07.2023.
- Untere Denkmalschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg (2019): Persönliches Gespräch der Unteren Denkmalschutzbehörde des Landkreises Darmstadt-Dieburg und Vertreter\*innen des Forschungsprojektes WieBauin am 16.10.2019. Notizen. Notizen.
- Untere Denkmalschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg (2022): Persönliches Gespräch der Unteren Denkmalschutzbehörde des Landkreises Darmstadt-Dieburg und Vertreter\*innen des Forschungsprojektes WieBauin am 16.02.2022. Notizen.
- Untere Naturschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg (2021): Persönliches Gespräch der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Darmstadt-Dieburg und Vertreter\*innen des Forschungsprojektes WieBauin am 20.12.2021. Notizen.
- V. Heimer (o. J.): Eigene Fotos: Gebirgsstelze, Grauschnäpper, Haussperling, Weißstorch.
- van der Meulen, Jean (2017): Fotos auf Pixabay. Online verfügbar unter <https://pixabay.com/de/photos/schleiereule-vogel-eule-sitzend-2988291/>, zuletzt geprüft am 14.04.2022.
- Verband der Deutschen Parkettindustrie e.V. (o. J.): Parkett. Online verfügbar unter <https://www.parkett.de/magazin/parkett-fuer-profis/parkettarten/mehrschicht-par-kett.html#:~:text=Die%20Dicke%20der%20Nutzschicht%20betr%C3%A4gt,der%20Regel%2010%20%E2%80%93%2011%20mm.,> zuletzt geprüft am 13.12.2020.
- Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2019): Brechsand als Zementhauptbestandteil. Leitlinien künftiger Anwendung im Zement und Beton. Hg. v. Verein Deutscher Zementwerke e.V. Düsseldorf.
- Vogel, Anton (2018a): Gebäudebrüter I. Online verfügbar unter <http://www.gebaeudebrueter.de/gebaeudebrueter1/index.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2022.
- Vogel, Anton (2018b): Gebäudebrüter II. Online verfügbar unter <http://www.gebaeudebrueter.de/gebaeudebrueter2/index.html>, zuletzt geprüft am 07.03.2022.
- Vogelschutzrichtlinie (1992): Richtlinie 2009/147/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten.
- Volk, Rebekka; Müller, Richard; Schultmann, Frank; Rimbon, Jérémy; Lützkendorf, Thomas; Reinhardt, Joachim; Knappe, Florian (2019): Stofffluss- und Akteursmodell als Grundlage für ein aktives Ressourcenmanagement im Bauwesen von Baden-Württemberg „StAR-Bau“ - Schlussbericht des Forschungsvorhabens. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing (Produktion und Energie, 32).
- W. Heimer (o. J.): Eigene Fotos: Bachstelze, Dohle, Rauchschwalbe, Turmfalke.
- Wabner, Kerstin (2021): Vom Werk direkt in den Einsatz: Abbruchunternehmen Brandhuber setzt auf SENNEBOGEN 830 Abbruchbagger im selektiven Rückbau. Hg. v. SENNEBOGEN Maschinenfabrik GmbH. Online verfügbar unter <https://www.sennebogen.com/news/news-presse/vom-werk-direkt-in-den-einsatz-abbruchunternehmen-brandhuber-setzt-auf-sennebogen-830-abbruchbagger-im-selektiven-rueckbau>, zuletzt geprüft am 08.12.2021.

- 
- Wagner, Claudia (2023): Wobak baut nicht mehr und auch andere ziehen ihre Wohnprojekte zurück. Woran liegt das? Südkurier. Online verfügbar unter <https://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/konstanz/wobak-baut-nicht-mehr-woran-liegt-das;art372448,11699046>, zuletzt aktualisiert am 01.09.2023.
- Weimar, Holger; Jochem, Dominik (Hg.) (2013): Holzverwendung im Bauwesen - Eine Marktstudie im Rahmen der „Charta für Holz“. Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie (Thünen Report, 9). Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn052249.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn052249.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2020.
- Welt der Bäder S.L. (2021): Freistehende Gusseisen Badewanne PLYMOUTH grau. Online verfügbar unter <https://weltderbaeder.com/products/klassische-gusseisen-badewanne-plymouth-grau-153-cm-170-cm-190-cm?variant=31030970089560>, zuletzt geprüft am 09.07.2021.
- Wernet, G.; Bauer, C.; Steubing, B.; Reinhard, J.; Moreno-Ruiz, E.; Weidema, B. (2016): The ecoinvent Database Version 3 (Part I): Overview and Methodology. In: The International Journal of Life Cycle Assessment, S. 1218-1230. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>.
- Wieland Naturstein GmbH (2021): Naturstein Fensterbänke. Online verfügbar unter <https://www.wieland-naturstein.de/naturstein-produkte-naturstein-fensterbaenke.html>, zuletzt geprüft am 02.02.2021.
- Wieland Naturstein GmbH (2024): Naturstein Fensterbänke. Online verfügbar unter <https://www.wieland-naturstein.de/naturstein-produkte-naturstein-fensterbaenke.html>, zuletzt geprüft am 01.03.2024.
- Wikipedia (2022a): Liste der Kulturdenkmäler im Landkreis Darmstadt-Dieburg. Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_Kulturdenkm%C3%A4ler\\_im\\_Landkreis\\_Darmstadt-Dieburg](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kulturdenkm%C3%A4ler_im_Landkreis_Darmstadt-Dieburg), zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- Wikipedia (2022b): Liste der Kulturdenkmäler in Otzberg. Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_der\\_Kulturdenkm%C3%A4ler\\_in\\_Otzberg](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kulturdenkm%C3%A4ler_in_Otzberg), zuletzt geprüft am 25.02.2022.
- ZAW (Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung Darmstadt-Dieburg) (2020a): Abfallwirtschaftsstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg. Online verfügbar unter <https://www.zaw-online.de/zweckverband/abfallwirtschaftsstruktur-im-landkreis-darmstadt-dieburg>, zuletzt geprüft am 19.08.2021.
- ZAW (Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung Darmstadt-Dieburg) (2020b): Wer ist wofür zuständig? Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung für den Landkreis Darmstadt-Dieburg. Online verfügbar unter <https://www.zaw-online.de/abfrage>, zuletzt geprüft am 09.12.2021.
- ZDF (Zweites Deutsches Fernsehen) (2018): Das Haus von morgen - Wie Bauen revolutioniert wird. Folge 35. ZDF Plan B, 22.09.2018.
- ZDF (Zweites Deutsches Fernsehen) (2019): Schätze im Schutt - Alte Rohstoffe neu genutzt. Folge 81. ZDF Plan B, 02.11.2019.
- ZEIT ONLINE; dpa; AFP; akm (2023): Zahl der Baugenehmigungen für Wohnungen weiter gesunken. Online verfügbar unter <https://www.zeit.de/wirtschaft/2023-07/inflation-baugenehmigungen-deutschland-rueckgang>, zuletzt aktualisiert am 18.07.2023, zuletzt geprüft am 20.08.2023.
- Zott, C.; Amit, R. (2007): Business model design and the performance of entrepreneurial firms. In: Organization science, S. 181-199.
- Zwicky, F. (1969): Discovery, invention, research through the morphological approach. New York: Macmillan.

---

---

## Anhang

---

1.	BEISPIELSAMMLUNG ZUR WIEDERVERWENDUNG.....	2
2.	LISTE REGIONALTYPISCHER BAUTEILE UND BAUMATERIALIEN .....	13
3.	HANDBUCH FÜR BERATUNGEN ZUR STÄRKUNG DES ANGEBOTS WIEDERVERWENDBARER BAUTEILE UND ANDERER BAUMATERIALIEN.....	14
4.	NUTZFLÄCHENFAKTOREN: ABMINDERUNGSFAKTOREN ZUR ERMITTLUNG DER WOHNFLÄCHE AUS DER GESCHOSSFLÄCHE.....	45
5.	KENNWERTE DES FLÄCHENVERBRAUCHS UND RECHENBEISPIELE AUSGEWÄHLTER BAUTEILE .....	46
6.	DATENBLÄTTER WIEDERVERWENDBARER BAUTEILE .....	57
7.	GESCHÄFTSMODELLENTWICKLUNG .....	197
8.	PRÜFUNGSKRITERIEN .....	218
9.	ÜBERSICHT EXPERTENINTERVIEWS.....	220
10.	RECHTLICHE HÜRDEN ZUR NUTZUNG GEBRAUCHTER BAUMATERIALIEN .....	222
11.	REPRÄSENTANTEN UND MATERIALDATENBANK .....	226

Beispielsammlung zur Wiederverwendung

# Einführung

Wusstest du, dass über die Hälfte des in Deutschland produzierten Abfallvolumens aus dem Bausektor stammt?

Unser Wirtschaftssystem und das Überangebot an neuen, preisgünstigen Bauteilen fördern auch auf der Baustelle eine Wegwerfkultur, deren katastrophale Auswirkungen die Umwelt und damit unsere Lebensgrundlage bedrohen.

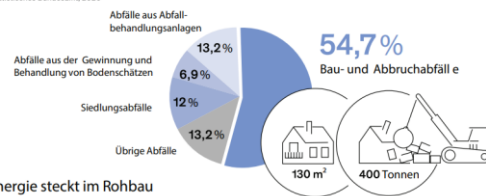
Eine Holztür, Sandsteinbauteile, Fenster, Mauersteine usw. wurden mühsam und unter hohem Energie- und Ressourcenaufwand gewonnen und hergestellt. Wenn sie zerstört werden, geht nicht nur ein Stück Gebäudegeschichte, sondern auch die im Material gebundene, so genannte ‚graue Energie‘ unwiederbringlich verloren.

Außerdem entsteht durch die Schaffung weiterer Nutzungszyklen die Möglichkeit, weniger neue Materialien produzieren zu müssen und so den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und die Umweltbelastung zu reduzieren.

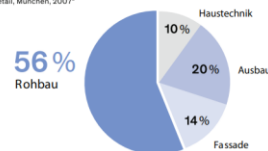
Wirke der Verschwendung entgegen, indem du Bauteile und Baumaterialien wiederverwendest und Materialien möglichst lange in Benutzung hältst!

Wiederverwenden statt verschwenden!  
 Weitere Infos und die Möglichkeit, gebrauchte Bauteile zu kaufen und zu verkaufen findest du online. Dazu haben wir Informationen und Links unter [www.WieBauin.de](http://www.WieBauin.de) zusammengefasst.

Bauabfall ist der größte Faktor  
Quelle: Statistisches Bundesamt, 2020



Die Energie steckt im Rohbau  
Grafik nach „Hegger, Manfred, u. a.: Energie Atlas, Nachhaltige Architektur, Edition Detail, München, 2007“



2.04 © Bundesstiftung Baukultur

Auch wenn bis zur endgültigen Etablierung der Bauteilwiederverwendung noch einige Hürden zu nehmen sind, kannst du schon jetzt die ersten Schritte gehen und auf deiner eigenen Baustelle beginnen.



Foto: WieBauin



Foto: WieBauin



# Fenster

Einsatz an Gebäudehüllen  
ohne thermische Anforderungen

Tipp: Bei manchen Holzfenstern kann durch Scheibentausch eine Erhöhung der Dämmwerte erzielt werden. Falls eine Weiternutzung als thermisches Element der Außenhülle nicht möglich sein sollte, können sie z. B. in unbeheizten Nebengebäuden verbaut werden.





# Fenster

Einsatz als  
Raumteiler/Durchreiche/Möbel

Fenster, die sich nicht mittels Scheibentausch auf das erforderliche energetische Niveau bringen lassen, eignen sich beispielsweise auch als Raumteiler/Durchreiche oder können kreativ zu Vitrinen oder Bilderrahmen umfunktioniert werden.



Foto: T. Krafzig,  
Otzberg



Foto: WieBauin



Foto: WieBauin

# Armatur

Aufbereitung und Weiternutzung von Armaturen

Tipp: Armaturen lassen sich oft leicht wiederverwenden, da sie beschädigungsarm ein- und ausgebaut werden können. Beachte, ob du eine Hoch- oder Niederdruckarmatur benötigst!



Foto: WieBauin bei Familie Grabowski



Foto: WieBauin

# Türen

Aufarbeitung und Wiederverwendung von Innentüren

Foto: WieBauin bei Familie Voltz-Rüttler



Tipp: Sofern keine Schall-, Brand- oder Wärmeschutzanforderungen vorliegen, lassen sich alte Zimmertüren prima aufarbeiten und als ‚neuer‘ Hingucker weiternutzen. Beschläge und Schösser lassen sich falls nötig meist unkompliziert ergänzen/aufarbeiten.

Foto: WieBauin



Foto: WieBauin



Foto: WieBauin

# Böden

Im Innenbereich

Tip: Die Sandsteinzwischenräume wurden nachträglich verfügt. So entstand eine tolle Sauberlaufzone, die sich prima zum Abstellen von Gummistiefeln und Regenschirmen eignet und somit den angrenzenden Holzboden vor Feuchtigkeit schützt.



Foto: WieBauIN



Foto: Familie Leib



Foto: B. Kleinsorge, Egelsbach



Foto: B. Kleinsorge, Egelsbach

# Böden

Im Außenbereich

Tipp: Kopfsteinpflaster war lange Zeit sehr beliebt und wird daher oft für Reparaturen und Erweiterungen nachgefragt sowie für neue Freiflächengestaltungen benötigt.



Foto: WieBauin



Foto: WieBauin

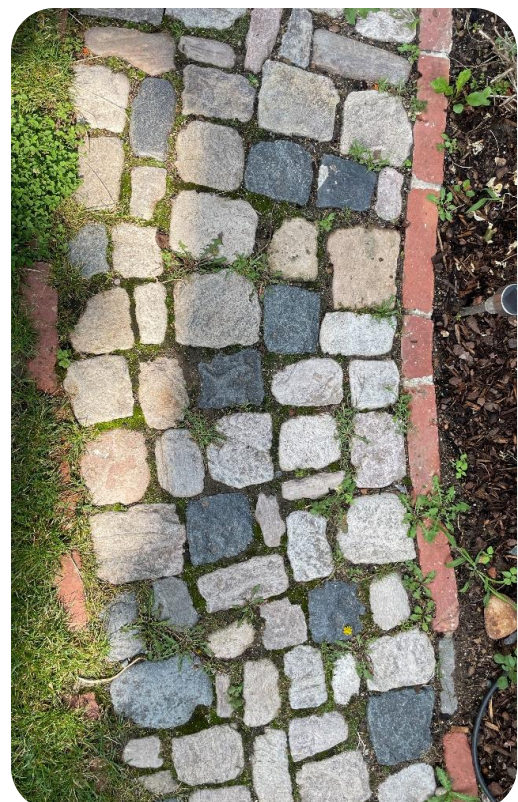
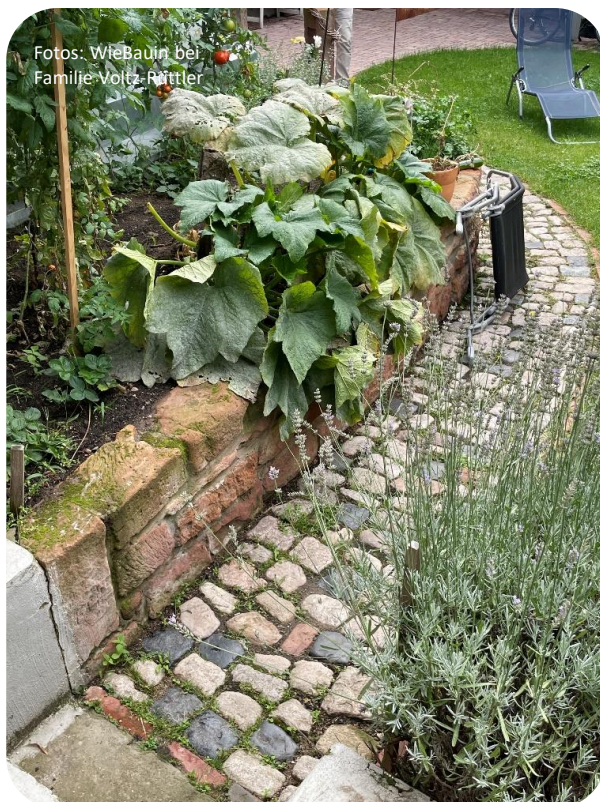


Foto: WieBauin

# Böden

Im Außenbereich

Tipp: Verschiedene Steinsorten und Formate lassen sich mit etwas Puzzlearbeit zu neuen Flächen kombinieren. Durch breite Fugen kann weiterhin Wasser versickern und kleinere Pflanzen können zum rustikalen Charme des Gartens beitragen.



# Garten

Wiederverwendung von  
Baumaterialien im Garten

Tip: Falls der Einsatz als tragendes Element nicht mehr möglich sein sollte, lassen sich Mauersteine auch prima für z. B. Beet-Begrenzungen zweckentfremden. Außerdem toll: In unverfugten Mauern mit Südausrichtung fühlt sich die geschützte Mauereidechse pudelwohl!



Foto: K. Hau, Darmstadt

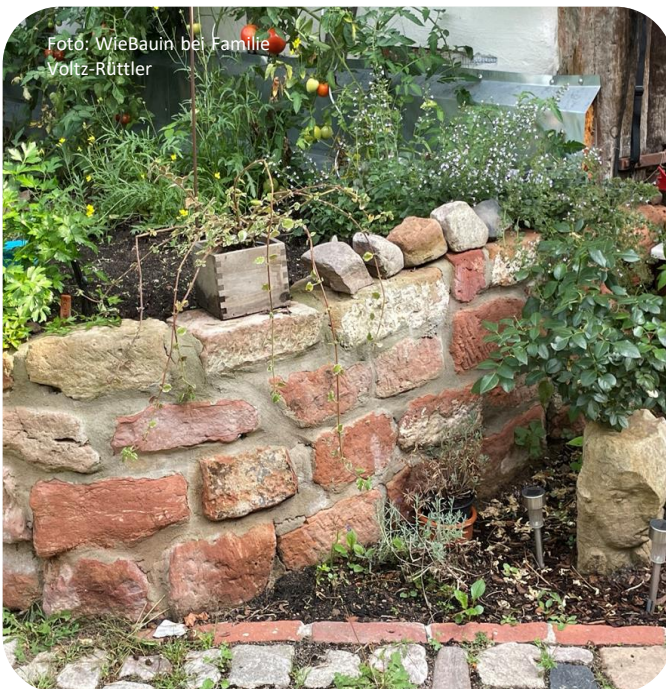


Foto: WieBauin bei Familie Voltz-Rüttler



Foto: WieBauin

# Dach

Wiederverwendung von Dacheindeckungen

Tipp: Gesundes, Altholz ist nicht nur für die Instandhaltung von Denkmälern stark nachgefragt, sondern lässt sich auch bei anderen Gebäuden wiederverwenden. Vorher solltest du allerdings überprüfen, ob Schadstoffe vorhanden sind.





# Küche/Bad

Aufarbeitung und Wiederverwendung von Elementen in Küche und Bad

Tipp: Waschbecken müssen nicht zwangsläufig aus Keramik sein. Sandsteintröge, die zuvor in der nun ausgebauten Scheune zur Fütterung der Tiere benutzt wurden, erinnern an die Geschichte des Gebäudes und geben dem neuen Badezimmer ganz viel Charme.



---

## 2. Liste regionaltypischer Bauteile und Baumaterialien

---

Badewanne

Balken

Bodenbelag (allgemein)

Dachziegel

Decke

Dusche

Fassadenklinker

Fenster (Glas und Rahmen)

Fensterbank

Fliesen

Fundament

Geländer

Griff

Heizkörper

Kette

Klinke

Leiter

Mauer

Pflasterstein

Regenrinne

Seil

Tor

Treppe

Tür (Haus- und Innentür)

Wand

Waschbecken

WC

Zaun

Armaturen

---

### 3. Handbuch für Beratungen zur Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Bauteile und anderer Baumaterialien

---

Da das komplexe Thema der Wiederverwendung von Baumaterialien unterschiedliche Sachbereiche beinhaltet, kann nicht davon ausgegangen werden, dass Personen, denen eine beratende Rolle zukommt, zwangsläufig schon vorab mit allen diesen Teilbereichen vertraut sind.

Um grundlegendes Wissen für die Beratenden (bspw. aus Kommunen und Abfallwirtschaft) bereit zu stellen und recherchierte Informationen über die Projektlaufzeit hinaus verfügbar zu machen, bündelt das ‚Handbuch zur Beratung zur Stärkung des Angebots wiederverwendbarer Bauteile und anderer Baumaterialien‘ (siehe Downloadbereich der WieBauin-Homepage; [www.wiebauin.de](http://www.wiebauin.de)) Informationen zu Artenschutz, Denkmalschutz, Fördermöglichkeiten, baurechtlichen Aspekten, Bau- und Abbruchabfällen und dem Verkauf auf dem Bauteilkreislauf Darmstadt-Dieburg.

Durch die Einbeziehung der Kommunen Otzberg und Münster (Hessen) sowie des Landkreises Darmstadt-Dieburg in die Recherchearbeit konnte von dem in den Behörden vorhandenen Fachwissen profitiert werden und eine Vernetzung zwischen Projektstellen und betreffenden Fachbehörden erzielt werden. Die Kontaktdaten für Letztere sind für spezifische fachliche Fragen außerhalb des Leistungsspektrums der allgemeinen Erstberatung im Handbuch angegeben.

#### 3.1. Artenschutz

**Generelles Ziel für ein Beratungsgespräch mit privaten Eigentümer:innen bestehender Gebäude:**

Eigentümer:innen sollen dafür sensibilisiert werden, dass

- Gebäude auch ein Lebensraum für geschützte Tierarten sind (oft besiedeln Tierarten vor allem bestehende, ältere Gebäude, d. h. vor allem Wohnhäuser im weitgehend renovierten Zustand mit Baujahr vor 1970 und alle Wirtschaftsgebäude).
- vor dem Abbruch bzw. Umbau eines Gebäudes dieses auf eine Besiedlung durch geschützte Arten zu überprüfen bzw. überprüfen zu lassen ist.
- die Schaffung neuer Lebensstätten für Vögel und Fledermäuse an Gebäuden einen Beitrag zum Artenschutz leisten kann.

35 % der in Deutschland heimischen Tierarten sind bestandsgefährdet (BMUV 2021). U. a. sind die Schaffung und der Erhalt von Lebensräumen maßgeblich mit dem Gelingen des Artenschutzes verknüpft (UBA 2022). Da dies in andauernder Konkurrenz zu Verkehrs-, Agrar-, Deponie- und Siedlungsflächen steht, kann die Nachverdichtung bereits bestehender Siedlungsgebiete und die Etablierung einer kreislauforientierten Baukultur einen wertvollen Beitrag zur Minimierung des Flächen- und Ressourcenverbrauchs und damit zum Artenschutz leisten.

Da dieser Leitfaden primär auf die Beratung von Eigentümer:innen bestehender Gebäude abzielt, werden in den nachfolgenden Kapiteln vordergründig die direkt von Um- und Rückbaumaßnahmen betroffenen Arten thematisiert. Grundsätzlich können alle Gebäude, bspw. auch solche, die nicht mehr oder nicht mehr intensiv genutzt werden, zu Lebensräumen von geschützten Tierarten geworden sein. Darüber hinaus kann auf den oben geschilderten Gesamtzusammenhang verwiesen und in entsprechenden baurechtlichen Innenbereichen die Möglichkeit der Nachverdichtung und die Beseitigung von Leerstand angeregt werden.

---

### 3.1.1. Begriffsdefinitionen

Naturschutz bezeichnet als Überbegriff den Schutz wildlebender Tiere, wildwachsender Pflanzen und deren Lebensräume, wobei das primäre Ziel der Erhalt ihrer Lebensräume ist (BfN o. J.). Artenschutz beschreibt als Teilbereich des Naturschutzes dagegen alle Maßnahmen zu Förderung, Pflege und Schutz wildlebender (gefährdeter) Tiere und Pflanzen (UBA 2022).

### 3.1.2. Allgemeines zum Natur- und Artenschutz

Das Bundesnaturschutzgesetz unterscheidet zwischen besonders und streng geschützten Tierarten. Welche Tierarten in Deutschland besonders oder streng geschützt sind, ergibt sich aus der Anlage 1 zur Bundesartenschutzverordnung, der EG-Artenschutzverordnung Anhang A oder B, der Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) oder der EG-Vogelschutzrichtlinie. Streng geschützte Tierarten und alle europäischen Vogelarten dürfen während der Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwinterungs- und Wanderungszeiten nicht erheblich gestört werden. Fortpflanzungs- oder Ruhestätten besonders geschützter Arten dürfen nicht entnommen, beschädigt oder zerstört werden (§ 44 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)). Eine Umsiedlung von besonders oder streng geschützten Tierarten ist nur nach vorheriger Genehmigung durch die untere Naturschutzbehörde zulässig.

### 3.1.3. Artenschutz im Baurecht

Bei sämtlichen Baumaßnahmen (im Innen- sowie Außenbereich) können Aufenthalts-, Ruhe- und Fortpflanzungsstätten geschützter Tiere betroffen sein. Der Gesetzgeber hat in § 44 BNatSchG das Verbot ausgesprochen, diese Stätten zu entnehmen, zu beschädigen oder zu zerstören. Für die Einhaltung des Verbots sind die Bauherr:innen verantwortlich.

Häufig sind Vogelnester am oder im Gebäude offenkundig und leicht zu entdecken (z. B. Schwalbennester). Manchmal werden Aufenthalts-, Ruhe- und Fortpflanzungsstätten auch erst bei der Ausführung der Bauarbeiten festgestellt, z. B. wenn Wandverkleidungen entfernt werden, hinter denen sich Fledermausquartiere oder Vogelnester befinden.

Wer ganz sichergehen und Überraschungen vermeiden will, lässt sich von einem Gutachter (z. B. Biologen) vor Beginn der Bauarbeiten eine artenschutzrechtliche Beurteilung erstellen. Der Gutachter sucht am und im Gebäude nach Nestern, Kotspuren und schaut mit einem Endoskop in verdächtige Spalten und Hohlräume. Falls er fündig wird, schlägt er rechtzeitig Lösungsmöglichkeiten vor, die bei der Planung berücksichtigt und später umgesetzt werden können. Oft gibt er auch Ratschläge, wie sich der Artenschutz für Vögel und Fledermäuse durch Nisthilfen am neuen Gebäude verbessern lässt.

Baurechtlich sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Bei baugenehmigungspflichtigen Rück-/ Um-/ Bauvorhaben kann die Baugenehmigung artenschutzrechtliche Empfehlungen und Hinweise der Naturschutzbehörde enthalten (Untere Naturschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2021). Selbstverständlich entbindet eine ohne artenschutzrechtliche Regelungen oder Hinweise erteilte (Rück-)Baugenehmigung beim Entdecken von Nestern oder Tieren (z. B. Fledermausfund in der Bauphase) nicht von den Verboten des Artenschutzes. In diesem Fall ist vor Weiterführung der Baumaßnahmen die untere Naturschutzbehörde zu kontaktieren, damit der Eintritt der strafbewehrten Verbotstatbestände des Artenschutzes vermieden werden kann.
- Bei genehmigungsfreien Rück-/ Um-/ Bauvorhaben sollte die untenstehende Checkliste angewandt und im Zweifelsfall ein Gutachter oder die untere Naturschutzbehörde hinzugezogen werden, damit der Eintritt der strafbewehrten Verbotstatbestände des Artenschutzes vermieden werden kann.

In der Regel lassen sich einfache Lösungen (z. B. Zeitpunkt der Umsetzung der Baumaßnahme, Umsiedlung, Ersatzquartiere) zur Vermeidung der artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände finden.

### 3.1.4. Checkliste zur arten- und biotopschutzrechtlichen Vorprüfung

Die ‚Checkliste zur arten- und biotopschutzrechtlichen Vorprüfung nach §§ 18, 44 BNatSchG für Bauvorhaben‘ bietet Anhaltspunkte zur Prüfung auf das Vorkommen von (gefährdeten) Arten, ihres Lebensraumes und potentieller Gefahrenquellen. Besonders bei genehmigungsfreien Maßnahmen kann sie ein wichtiges Hilfsmittel sein, um das Risiko der Gefährdung geschützter Arten zu minimieren. Abb. Anhang 1 stellt einen Ausschnitt dieser Checkliste dar.

6	Arten- und biotopschutzrechtliche Vorprüfung (Liegt eine der Voraussetzungen vor?)	JA	NEIN
6.1	Soll ein Gebäude umgebaut, erweitert oder beseitigt werden, das älter als fünfzig Jahre ist? (In alten Gebäuden befinden sich in Fassade, Dach- oder Kellergeschoss häufig Fortpflanzungs- und Ruhestätten geschützter Arten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	Sollen Bäume mit Baumhöhlen oder sehr alte, große Bäume (Durchmesser in Brusthöhe > 40 cm oder Umfang > 1,2 m) beseitigt werden? (Hier befinden sich häufig Fortpflanzungs- und Ruhestätten geschützter Arten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3	Sollen auf > 50 qm andere Gehölze, insbesondere Hecken beseitigt werden? (In größeren Gehölzen und Hecken befinden sich häufig Fortpflanzungs- und Ruhestätten geschützter Arten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4	Sollen Beleuchtungseinrichtungen geschaffen werden, deren Licht in den Himmel oder in den baurechtlichen Außenbereich strahlt oder reflektiert wird? (Sie bewirken bei geschützten Insekten und Zugvögeln ein erhöhtes Tötungsrisiko und beeinträchtigen Fledermausquartiere)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.5	Sollen Wände mit einem Glasflächenanteil > 50% oder großflächig transparente oder spiegelnde bauliche Anlagen oder Anlagenteile, (Frei-)Leitungen oder bewegte Teile errichtet werden? (Derartige Bestandteile führen bei geschützten Arten zu erhöhtem Vogelschlag und damit einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6	Befinden sich auf dem Baugrundstück offene Schotter-, Abbruch- oder Ruderalflächen auf einer Fläche > 100 qm? (Solche Flächen sind regelmäßig Fortpflanzungs- und Ruhestätten geschützter Arten, besonders Reptilien)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.7	Gibt es auf dem Baugrundstück oder den Nachbargrundstücken Schutzgebiete, Naturdenkmale, Gewässer, Tümpel, Wald oder gesetzlich geschützte Biotope? (In solchen Biotopen und deren Umgebung ist das Tötungsrisiko für geschützte Arten häufig erhöht) (ggf. Auskunft der Gemeinde, Naturschutzbehörde oder in <a href="http://www.natureg.hessen.de">www.natureg.hessen.de</a> ) Wenn ja: <input type="checkbox"/> Allee <input type="checkbox"/> Streuobstbestand <input type="checkbox"/> Nasswiese <input type="checkbox"/> Röhricht <input type="checkbox"/> Heide <input type="checkbox"/> Blockhalde <input type="checkbox"/> Schutthalde <input type="checkbox"/> Geröllhalde <input type="checkbox"/> Trockenrasen <input type="checkbox"/> Gebiet: _____ <input type="checkbox"/> Hinweis auf gesetzlich geschützte Biotope nach NATUREG <input type="checkbox"/> Wald	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.8	Gibt es offensichtlich erkennbare Artvorkommen im oder am Objekt oder auf dem Baugrundstück? (möglichst Fotos mit einer Lageskizze beifügen) <input type="checkbox"/> Nester <input type="checkbox"/> Fraßspuren <input type="checkbox"/> Kotspuren <input type="checkbox"/> Tiere <input type="checkbox"/> Tierreste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.9	Gibt es auf dem Baugrundstück, an Außenwänden oder an Altbäumen Höhlen oder Spalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.10	Gibt es Hinweise auf die Existenz eines geschützten Lebensraumtyps im Sinne des Anhangs I der FFH-Richtlinie? (Deren Beseitigung kann einen Umweltschaden bewirken. Im Innenbereich unwahrscheinlich. Weitere Hinweise zu „FFH-Lebensraumtypen“ erhalten Sie im Internet)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. Anhang 1: Auszug aus der ‚Checkliste zur arten- und biotopschutzrechtlichen Vorprüfung‘ (HMUKLV 2021, S. 1-2)

#### Ergänzende Hinweise:

„Ist einer der Prüfpunkte positiv, besteht unabhängig von der baurechtlichen Genehmigungsbedürftigkeit ein erhebliches Risiko, durch die Errichtung, die Existenz oder den Betrieb der geplanten baulichen Anlage arten- oder biotopschutzrechtliche Verbotstatbestände zu erfüllen.“

Dann sollte die Bauherrschaft eine Beratung durch die Untere Naturschutzbehörde in Anspruch nehmen.

Durch Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde entstehen in den meisten Fällen einfach umzusetzende Lösungen zur Vermeidung von Verbotstatbeständen (z. B. Ausführungszeitraum, Flächenbehandlung, Umsiedlung, Behandlung von Glasflächen).

Sollten Schutzgebietsvorschriften oder arten- oder biotopschutzrechtliche Verbote hingegen nicht beachtet werden, kann dies als Ordnungswidrigkeit sowie in den Fällen der §§ 304, 329 Strafgesetzbuch oder §§ 71, 71a Bundesnaturschutzgesetz als Straftat geahndet werden.“ (HMUKLV 2021, S. 2)

### 3.1.5. Vögel, Fledermäuse und Eidechsen

Nach dem BNatSchG zählen alle wildlebenden Vögel (mit Ausnahme der Stadttaube) zu den geschützten sowie Fledermäuse und Eidechsen zu den streng geschützten Arten. Damit sind die Fortpflanzungs-, Ruhe- und Schlafstätten von standorttreuen Tieren jahreszeitenunabhängig geschützt. Da die beschriebenen Arten zumeist eine standorttreue Lebensweise aufweisen, dürfen die Quartiere auch in Abwesenheit der Tiere nicht zerstört, versiegelt oder anderweitig unbrauchbar gemacht werden. Sollte das Beseitigen/Verschließen einer Aufenthalts-Ruhe- oder Fortpflanzungsstätte auf Grund von (Um- /Rück-) Baumaßnahmen unumgänglich sein, muss vor Maßnahmenbeginn bei der unteren Naturschutzbehörde eine Ausnahmegenehmigung eingeholt werden. Um die geplante Baumaßnahme möglichst verträglich zu gestalten, wird in den Auflagen der Ausnahmegenehmigung Rücksicht auf die Anwesenheitszeiten der Tiere genommen, die Schaffung von Ersatzquartieren beleuchtet und die Verträglichkeit einer Umsiedlung überprüft. (BUNDhintergrund 2015; Untere Naturschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2021)

#### Vögel

Die nachfolgende Aufzählung benennt die im Landkreis Darmstadt-Dieburg typischerweise an Gebäuden brütenden Vogelarten und deren Hauptanwesenheits- und Brutzeiten (siehe Abb. Anhang 2). Wie zuvor erwähnt, stehen Vögel und ihre Nester bzw. Aufenthaltsstätten auch außerhalb dieser Zeiten unter Schutz und machen mit ihrer regelmäßigen Anwesenheit auf (der geplanten) Baustelle die Einbeziehung der Unteren Naturschutzbehörde notwendig. Neben den hier aufgeführten Arten ist bei Hauswandberankungen, wie bspw. mit Efeu oder wildem Wein, auf dort brütende Arten wie Amsel, Grünfink, Girlitz, Mönchsgrasmücke und Zaunkönig zu achten (Vogel 2018b).

	JAN	FEB	MÄZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Bachstelze												
Buntspecht												
Dohle												
Gebirgsstelze												
Grauschnäpper												
Hausrotschwanz												
Hausperling												
Mauersegler												
Mehlschwalbe												
Rauchschwalbe												
Schleiereule												
Stadttaube												
Turmfalke												
Weißstorch												
Legende	günstige Bauzeit			Übergangszeit			Brutzeit/Hauptanwesenheit					

Abb. Anhang 2: Brutzeiten der vorgestellten Arten, Zeitspannen indikativ: Brut- und Aufenthaltszeiten können je nach Nahrungsangebot und Region variieren (eigene Darstellung)

Die folgende Zusammenstellung soll mit Hilfe von Bildern und Hintergrundinformationen dabei helfen, die Belange des Vogelschutzes zu veranschaulichen (siehe Abb. Anhang 3 bis Abb. Anhang 16). Sie ist nicht als abgeschlossene Aufzählung zu verstehen, da auch andere Vogelarten unter für sie günstigen Umständen nicht als Gebäudebrüter ausgeschlossen werden können.

---

Bachstelze (*Motacilla alba*):



Abb. Anhang 3: Bachstelze (W. Heimer o. J.)

Brutzeit April-August, tagaktiv, Aufenthalt in Siedlungen Februar-September

Typischerweise anzutreffen: Spalten und Nischen mit gutem Blickfeld (Halbhöhlen), Nebengebäude wie Gartenhäuser, Carports aber durchaus auch an ruhigeren Stellen im Innenbereich wie z.<B. in Bahnhofshallen und Ställen

(NABU Landesverband Niedersachsen e. V. o. J.; Vogel 2018b)

Buntspecht (*Dendrocopos major*):



Abb. Anhang 4: Buntspecht (Gerhard G. 2022)

Brutzeit April-Juli, tagaktiv, Waldbrüter

Typischerweise anzutreffen: 20-50 cm tiefe Nistlöcher in Baumstämmen aber auch in Fassaden mit Wärmedämmverbundsystem, erkennbar durch runde Löcher im Putz.

(Vogel 2018a)

Dohle (*Corvus monedula*):



Abb. Anhang 5: Dohle (W. Heimer o. J.)

Brutzeit März-Juni oft in Kolonien, tagaktiv, Aufenthalt in Siedlungen ganzjährig

Typischerweise anzutreffen: hoch gelegene, große Spalten, Nischen und Löcher, z. B. an Kirchtürmen oder in Schächten.

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014a)

---

Gebirgsstelze (*Motacilla cinerea*):



Abb. Anhang 6: Gebirgsstelze (V. Heimer o. J.)

Brutzeit März- August, Aufenthalt in und nahe Siedlungen teilweise ganzjährig

Typischerweise anzutreffen: in Nischen an gewässernahen Gebäuden, Brücken, Mühlen und Wehren nahe von Fließgewässern, in Uferböschungen und Fels- und Mauerspalt

(Huth 2018; HMUELV 2008)

Grauschnäpper (*Muscicapa striata*):



Abb. Anhang 7: Grauschnäpper (V. Heimer o. J.)

Brutzeit Mai-August, Einzelbrüter, tagaktiv, Aufenthalt im Brutgebiet zwischen April und September

Typischerweise anzutreffen: frei anfliegbare Spalten, Nischen und Halbhöhlen z. B. am Dachvorsprung, in Mauerlöchern, auf Rollladenkästen oder Balken

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014b)

Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*):



Abb. Anhang 8: Hausrotschwanz (Derer o. J.)

Brutzeit April-August, Einzelbrüter, tag- und dämmerungsaktiv (Gesang noch bis 1 h nach Sonnenuntergang und bereits ein bis 2 h vor Sonnenaufgang zu hören), Aufenthalt im Brutgebiet zwischen März und November

Typischerweise anzutreffen: Spalten, Nischen und Halbhöhlen mit freier Anflugbahn meist in 1,5- bis 3,5 m Höhe, z. B. unter Dachsimen, in Mauerlöchern und auf Balken

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014c)



---

Haussperling (*Passer domesticus*):



Abb. Anhang 9: Haussperling (V. Heimer o. J.)

Brutzeit März-September oft in Kolonien, tagaktiv, Aufenthalt in Siedlungen ganzjährig

Typischerweise anzutreffen: große Spalten, Nischen und Höhlen, z. B. an Verkleidungen oder im Dachtraufbereich, auch im Gebäudeinneren wie Hallen und Ställen sowie an bewachsenen Fassaden oder in Mehlschwalbennestern anzutreffen

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014d)

Mauersegler (*Apus apus*):



Abb. Anhang 10: Mauersegler (Kugler o. J.)

Brutzeit Mai-August oft in Kolonien, tagaktiv, Aufenthalt im Brutgebiet zwischen April und Oktober

Typischerweise anzutreffen: hoch gelegene, horizontale, dunkle Höhlungen mit kleiner Einflugöffnung, z. B. unter Dachziegeln und Regenrinnen, in Rollladenkästen, Verschalungen, Fassaden- und Mauernischen, auch im Gebäudeinneren z. B. auf Balken in Dachstühlen

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014e)

Mehlschwalbe (*Delichon urbica*):



Abb. Anhang 11: Mehlschwalbe (Kugler o. J.)

Brutzeit April-September oft in Kolonien, tagaktiv, Aufenthalt im Brutgebiet zwischen März und Oktober

Typischerweise anzutreffen: hoch gelegene Wände mit Wind- und Witterungsschutz durch Sims/Dachüberstand und rauer Oberfläche, freier Anflugbereich, typische Lehm-Nester an Fassaden

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014f)

### Rauchschwalbe (*Hirundo rustica*):



Abb. Anhang 12: Rauchschwalbe (W. Heimer o. J.)

Brutzeit April-September oft in Kolonien, tagaktiv, Aufenthalt im Brutgebiet zwischen März und Oktober

Typischerweise anzutreffen: brütet fast ausschließlich in offen zugänglichen Gebäude(teilen), wie z. B. Viehställen, seltener in Scheunen, Hauseingängen, Durchfahrten zu Hinterhöfen und unter Brücken. Die charakteristischen Lehm-Nester befinden sich auf Balken, Mauervorsprüngen oder in Nischen.

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014g)

### Schleiereule (*Tyto alba*):



Abb. Anhang 13: Schleiereule (van der Meulen 2017)

Brutzeit März-Dezember abhängig von Mäusepopulation, nachtaktiv, Aufenthalt in Siedlungen ganzjährig

Typischerweise anzutreffen: ungestörte, frei anfliegbare, größere und dunkle Nischen im inneren von Gebäuden, z. B. offene Feldscheunen, geräumige, ungenutzte und zugängliche Dachböden

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014h)

### Stadttaube (*Columba livia*):



Abb. Anhang 14: Stadttaube (eigenes Foto)

Brutzeit Februar-November, tagaktiv, Aufenthalt in Siedlungen ganzjährig

Typischerweise anzutreffen: kleine, flache Flächen an Häuserfassaden, Giebeln, wenig genutzten Balkonen, Fenstersimsen etc.

Wilde Stadttauben sind die einzigen an Gebäuden brütenden Vögel, die nicht unter Schutz stehen. Vergrämungsmaßnahmen wie Eisenstacheln oder Netze stellen allerdings nicht nur für Tauben, sondern auch für andere Arten ein Verletzungsrisiko dar.

(PETA Deutschland 2019; Vogel 2018a)

### Turmfalke (Falco tinnunculus):



Abb. Anhang 15: Turmfalke (W. Heimer o. J.)

Brutzeit April-September oft in Kolonien, tagaktiv, Aufenthalt in Siedlungen ganzjährig

Typischerweise anzutreffen: größere, hoch gelegene Höhlungen und Nischen (Schornsteine, Industrieanlagen, Kirchtürme, Hochhäuser, Giebel) sowie in Scheunen und anderen landwirtschaftlichen Strukturen, bevorzugt nahe mäusereicher, offener Landschaft mit großer Strukturvielfalt

(Artenschutzmanagement gGmbH 2014i)

### Weißstorch (Ciconia ciconia):



Abb. Anhang 16: Weißstorch (V. Heimer o. J.)

Brutzeit April-August, tagaktiv, Aufenthalt in Mitteleuropa im Frühjahr/Sommer, manche Weißstörche überwintern hierzulande

Typischerweise anzutreffen: Horste, von dem aus sie das Gebiet zur Nahrungssuche überblicken können. z. B. auf Schornsteinen

(NABU o. J.c)

## **Fledermäuse**

Umsiedlungen von Fledermäusen sind nicht erstrebenswert, da die Tiere von Natur aus übers Jahr verteilt verschiedene Aufenthaltsstätten mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen aufsuchen (Winterquartier/Wochenstube) und bspw. eine Umsiedlung in der Wochenstube mit erhöhtem Tötungsrisiko für Jungtiere verbunden wäre. Da so gut wie nie eine Gefährdung von Fledermäusen ausgeht, kann – sofern kein Interessenskonflikt durch geplante Baumaßnahmen vorliegt – in den meisten Fällen durch Aufklärung die Duldungsbereitschaft oder sogar die Begeisterung der Bewohner geweckt werden. (NABU o. J.b)

Fledermaustollwut kann nur bei Bissen übertragen werden. Dies ist extrem selten, da auch die mit Tollwut infizierten Tiere den Kontakt zu Menschen meiden. Meistens kommt es zu Bissen, wenn Menschen verletzte Tiere aufheben wollen um ihnen zu helfen. Vorsichtshalber sollten Wildtiere daher falls unbedingt notwendig nur mit entsprechend dickem (Leder-)Handschuh angefasst werden. (NABU o. J.a)

Die Anwesenheit am Gebäude ist je nach Gebäudestruktur jahreszeitenunabhängig nicht auszuschließen (Diehl 2022).

Typische Aufenthaltsbereiche von Fledermäusen finden sich bspw. im Attikabereich von Flachdächern, hinter Außenwandverkleidungen, in Mauerritzen und auf Dachböden. Eine Prüfung kann oft bausubstanzschonend mittels Endoskop-Kamera stattfinden. (Untere Naturschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2021)

Im Rahmen des Projektes „Fledermausfreundliches Haus“ des NABU Hessen werden die Anbringung von Quartierkästen und der Erhalt bestehender Fledermausquartiere vom NABU mit einer Plakette gewürdigt (NABU o. J.b).

Bei weiteren Fragen rund um das Thema können die folgenden Stellen kontaktiert werden:

- Fledermaustelefon für eine allgemeine Beratung: Tel. 030-284984-5000; online zu finden unter <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/saeugetiere/fledermaeuse/18829.html?werbocode=rk>
- Fledermausschutz Südhessen e.V.: Der Verein ist ausschließlich in der Region Südhessen u. a. bei der Versorgung verletzter Fundtiere sowie mit Vorträgen und abendlichen Exkursionen tätig. Die auf der Webseite angegebenen Kontakte sind Ansprechpersonen für Notfälle (unmittelbar hilfsbedürftig aufgefundene Fledermäuse). Aus Kapazitätsgründen werden in der Regel keine Beratungsgespräche durchgeführt. (<https://www.fledermausschutz-suedhessen.de/>) (Diehl 2022)

## Eidechsen

Da die Durchführung von Vergrämungs- und Umsiedlungsmaßnahmen dieser streng geschützten Reptilien nur mit Ausnahmegenehmigung der Unteren Naturschutzbehörde zulässig ist, ist hier eine Einzelfallbetrachtung mit Abwägung entstehender Risiken unumgänglich.

### Zauneidechse:

Zauneidechsen besiedeln natürliche Lebensräume wie Dünen, Waldränder, Heide- und Brachflächen aber auch Straßen-, Weg- und Uferränder (Amphibien- und Reptilienschutzverein Thüringen o. J.). Die Besiedelung von Brachflächen kann zu Konflikten zwischen dem Erhalt des Habitats und der Gewinnung von Bauland/Schließung von Baulücken führen.

Einige Maßnahmen sind bei Naturschützer:innen umstritten, da bspw. Umsiedlungen in bestehende Reviere Kämpfe auslösen können und Vergrämungsmaßnahmen mit Plastikfolie nicht selten zum Tod einiger Exemplare führen (Deufel 2016). Vergrämungsmaßnahmen, wie das Entfernen von Versteckmöglichkeiten oder der Vegetation, sind ebenfalls umstritten, da neben dem Verletzungsrisiko durch das Mähen selbst (auch nach Beregnung) die Fläche hinsichtlich Aufenthaltsmöglichkeiten und Nahrungsverfügbarkeit so unattraktiv wird, dass sie möglichst schnell von den Tieren verlassen wird, was kritisch als Verstoß gegen § 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG (Schutz von Lebensraum) betrachtet werden kann. (Kluge et al. 2013, S. 287-289)

### Mauereidechse:

Mauereidechsen bevorzugen einen trockenen Lebensraum mit süd-, südwest- oder südostexponierter Lage. Neben Weinbergen und Bahn-/Straßenböschungen und natürlichen Habitaten, wie Abbruchkanten an Flusstälern, Schotterbänken und Felsen, sind sie auch an Gebäuden und in Mauerspalten anzutreffen. Bei Südausrichtung bieten unverfugte Trockenmauern (z. B. aus Bruchstein) einen Sonnenplatz und gleichzeitig Versteckmöglichkeiten in den Mauerspalten (Amphibien- und Reptilienschutzverein Thüringen o. J.).

## 3.1.6. Rechtsgrundlagen

Das folgende Kapitel soll einen kurzen Überblick über die bedeutsamsten Gesetzestexte und deren Inhalt geben. Für eine umfangreichere Recherche finden sich die Gesetzestexte auch unter Gesetze im Internet ([www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de)), einem Onlineangebot des Bundesministeriums für Justiz, die amtliche Fassung finden Sie nur in der Papiaerausgabe des Bundesgesetzesblattes.

## Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie)

Die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) hat zum Ziel wildlebende Arten, deren Lebensräume und die europaweite Vernetzung dieser Lebensräume zu sichern und zu schützen. Die Vernetzung dient der Bewahrung, Entwicklung, Herstellung und Wiederherstellung ökologischer Wechselbeziehungen sowie der Förderung natürlicher Ausbreitungs- und Wiederbesiedlungsprozesse.

---

Die Anhänge 2 und 5 nennen Arten von gemeinschaftlichem Interesse und Anhang 4 streng geschützte europäische Tier- und Pflanzenarten Arten von gemeinschaftlichem Interesse.

### **Artenschutzverordnung**

Die europäische Artenschutzverordnung setzt das Washingtoner Artenschutzübereinkommen in europäisches Artenschutzrecht um. Anhänge A und B nennen besonders geschützte Arten, Anhang A-Arten sind darüber hinaus streng geschützt; hier finden sich insbesondere durch den Handel gefährdete Tier- und Pflanzenarten. (RP Gießen o. J., S. 4)

### **Europäische Vogelschutzrichtlinie**

Nach der europäischen Vogelschutzrichtlinie ist jede europäische Vogelart unter Schutz gestellt, die nicht schon über die Artenschutzverordnung geschützt ist (RP Gießen o. J., S. 4).

### **Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)**

Das BNatSchG regelt Aufgaben und Instrumente von Landschaftspflege und Naturschutz. U. a. beinhaltet dies Regelungen für Eingriffe in die Natur bezüglich des Artenschutzes und Biotopschutzes. Außerdem gibt es vor, wie Naturschutzbehörden und Naturschutzverbände an bestimmten Verfahren zu beteiligen sind. (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz o. J.)

Besonders relevante Paragraphen sind:

- § 7 BNatSchG: Begriffsbestimmungen – Hierarchische Aufzählung und Definition von ‚Tiere und Pflanzen allgemein‘ bis ‚streng geschützte Arten‘
- § 39 BNatSchG: Allgemeiner Schutz wildlebender Tiere und Pflanzen
- § 44 BNatSchG: Vorschriften für besonders geschützte und bestimmte Tier- und Pflanzenarten

### **Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV)**

In Anlage 1 der Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) sind grundsätzlich alle europäischen Reptilien- und Amphibienarten als geschützt gelistet, sofern sie nicht schon in der EG-Verordnung Nr. 338/97 bzw. FFH-Richtlinie aufgelistet sind. Darüber hinaus nimmt die BArtSchV diverse nicht europäische Tierarten auf und stellt sie somit unter Schutz. Die in Anlage 1 Spalte 3 BArtSchV festgelegten Arten zählen außerdem zu den streng geschützten. (RP Gießen o. J., S. 4)

### **Weitere Informationsquellen und Kontakte**

Ob Lebensräume nach Vogelschutzrichtlinie und / oder FFH-Richtlinie geschützt sind, kann folgenden Quellen entnommen werden:

- Bürger GIS des Landkreises Darmstadt-Dieburg:  
<https://gmsc.ladadi.de/buergerportal/wepm.aspx?site=GMSC&project=Buergerportal&lang=de-de&mv=0b723b8a-53a2-49a1-8e10-a44e767624e5&zl=2>
- Übersichtskarte zur Natura 2000 Verordnung des Regierungspräsidiums Darmstadt:  
<http://www.rpda.de/01%20Natura%202000-Verordnung/Natura2000-VO-RPDA/Nav/uebersichtskarte.html>

---

Darüber hinaus stehen Informationen mit dem Natureg Viewer (Geofachdatenviewer) zur Recherche natur-schutzrelevanter Fachthemen zur Verfügung: <https://natureg.hessen.de>. Geschützte Arten stehen selbstver-ständlich auch außerhalb dieser Gebiete unter Schutz.

Für Genehmigungen im Bereich Artenschutz und die artenschutzrechtliche Prüfung von Bauvorhaben ist die untere Naturschutzbehörde des Landkreises (Fachgebiet Natur- und Artenschutz) zuständig.

**Generelle Ansprechpartner der unteren Naturschutzbehörde im Landkreis Darmstadt-Dieburg:**

Artenschutz: Landkreis Darmstadt Dieburg – Kreisverwaltung: <https://www.ladadi.de/bauen-umwelt/landwirt-schaft-und-umwelt/natur/artenschutz.html>

### 3.2. Denkmalschutz

**Generelles Ziel für ein Beratungsgespräch mit privaten Eigentümer:innen bestehender Gebäude:**

Eigentümer:innen sollen dafür sensibilisiert werden, dass

- vor einem Abbruch eines Gebäudes dessen Nachnutzung aus ökologischen und ökonomischen Grün-den geprüft wird.
- kein Abbruch von Gebäuden erfolgen soll, nur um wiederverwendbare Baumaterialien für eine Ver-marktung zu gewinnen.
- bei Gebäuden mit Baujahr vor 1970 und ohne nachfolgende durchgreifende Modernisierung und Umbaumaßnahmen ggf. Denkmalschutzaspekte zu berücksichtigen sind.
- wenn ein Abbruch eines Gebäudes erfolgen soll, wiederverwendbare Baumaterialien erfasst und ei-ner Nachnutzung zugeführt werden.

Denkmalschutz soll dazu beitragen, dass Kulturdenkmäler (Einzeldenkmal) und kulturhistorisch relevante Ge-samtanlagen (Ensembleschutz) als Quellen und Zeugnisse menschlicher Geschichte und Entwicklung dauerhaft erhalten und nicht verfälscht, beschädigt, beeinträchtigt oder zerstört werden (§ 1 Hessisches Denkmalschutz-gesetz (HDSchG)). Hierzu werden in diesem Kapitel neben Recherchewerkzeugen die unterschiedlichen Arten von Denkmalschutz erläutert und Ansprechpersonen für den Landkreis Darmstadt-Dieburg benannt.

#### 3.2.1. Recherchewerkzeuge

Die folgende Aufzählung von Werkzeugen zur Recherche bezüglich des Denkmalschutzes bietet mit absteigen-der Genauigkeit/Aktualität die Möglichkeit in Erfahrung zu bringen, ob ein Gebäude unter Denkmalschutz steht/stehen könnte. Dabei ist zu beachten, dass lediglich die Untere Denkmalschutzbehörde und das Landes-amt für Denkmalpflege sichere Informationsquellen darstellen, da kontinuierlich schützenswerte Objekte er-gänzt werden.

- das Onlineangebot des Landesamtes für Denkmalpflege Hessen ‚DenkXweb‘: es stellt für die im Land-kreis Darmstadt-Dieburg bisher erfassten Gemeinden Bickenbach, Eppertshausen, Erzhausen, Groß-Bie-berau, Otzberg, Reinheim und Roßdorf eine zuverlässige Quelle für Einzelkulturdenkmäler und Gesamt-anlagenobjekte dar (Stand Februar 2022; siehe Abb. Anhang 17; die Ergänzung weiterer Gemeinden ist in Arbeit); abrufbar unter <https://denkxweb.denkmalpflege-hessen.de/>  
Für viele Einzelkulturdenkmäler sind deren Erhaltung begründende Texte mit Beschreibungen von Lage, Geschichte, Bauart und Gestaltungsmerkmalen verfügbar.



Abb. Anhang 17: Einblick in das DenkXweb in Otzberg Hering (dunkelrot = Einzelkulturdenkmäler, hellrot = Gesamtanlagenobjekt, ohne Maßstab)

- das GIS des Landkreises Darmstadt-Dieburg: Für kommunale Beschäftigte, die einen Zugang besitzen, lassen sich dort Informationen zur Art des Denkmalschutzes recherchieren.
- die Denkmaltopographie der Bundesrepublik Deutschland, Band ‚Kulturdenkmäler in Hessen – Landkreis Darmstadt-Dieburg‘ (ISBN 3-528-06235-5): Erfassung/Inventarisierung der Kulturdenkmäler und Gesamtanlagen mit kurzen beschreibenden Texten (siehe Abb. Anhang 18). Die enthaltenen Objekte stehen mit großer Wahrscheinlichkeit noch immer unter Denkmalschutz, allerdings ist die Aufzählung nicht komplett, da die zugrundeliegende Inventarisierung 1988 stattfand. Die Universitäts- und Landesbibliothek Darmstadt hat Exemplare am Standort Stadtmitte und am Standort Lichtwiese zur Verfügung.

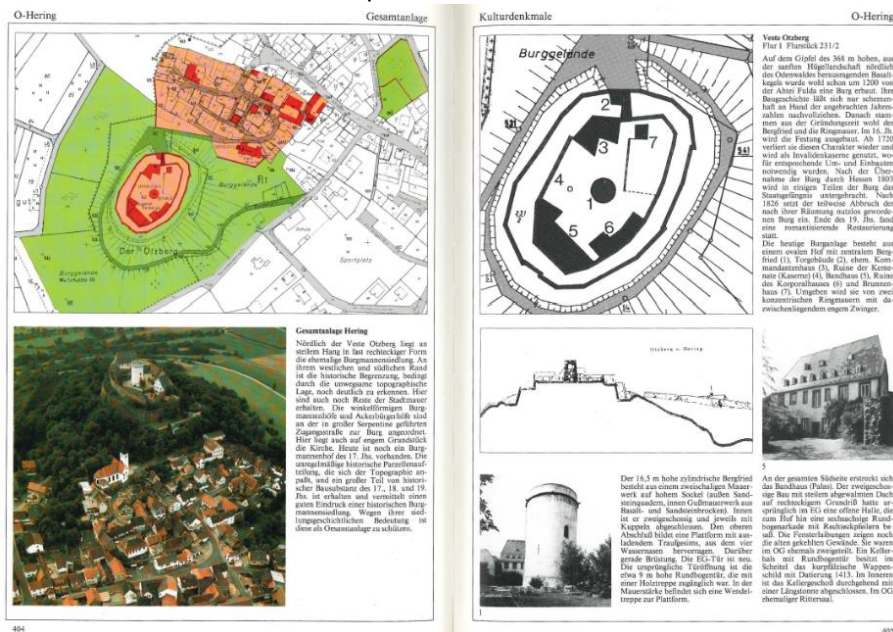


Abb. Anhang 18: Ausschnitt aus der Denkmaltopographie in Otzberg Hering (Landesamt für Denkmalpflege Hessen 1988, S. 404-405)

- die auf Wikipedia zu findende Aufzählung der Kulturdenkmäler im Landkreis Darmstadt Dieburg (Wikipedia 2022a): Die Aufzählung enthält neben einem Bild, einer Bezeichnung und Informationen zu der genauen Lage auch eine kurze Beschreibung eines jeden Objektes (siehe Abb. Anhang 19). Sie kann als

ein leicht zugängliches Werkzeug nützlich für eine erste Recherche sein. Achtung: Da die Informationen auf Wikipedia nicht professionell geprüft werden, können die Angaben unvollständig oder sogar fehlerhaft sein! Sie ersetzen nicht die rechtssichere Auskunft des Landesamtes für Denkmalpflege bzw. der Denkmalschutzbehörde.

Hering [\[ Bearbeiten \]](#) [\[ Quelltext bearbeiten \]](#)

Bild	Bezeichnung	Lage	Beschreibung
	Gesamtanlage	Hering, Gesamtanlage Historischer Ortskern	Im historischen Kern von Hering sind Burgmannenhöfe und Ackerbürgerhöfe auf winkelförmigen Grundrissen an einer Serpentinstraße zur Burg angeordnet. Ein großer Teil der historischen Bausubstanz des 17., 18. und 19. Jahrhunderts ist noch erhalten. Teile der Stadtbefestigung sind noch erhalten. Auf dem Gipfel des Otzbergs liegt die historische Burganlage.
	Ehemaliges Rathaus	Hering, Am Alten Rathaus 2 <a href="#">&amp; Lage</a> Flur: 1, Flurstück: 183	Gebäude mit ursprünglich offenem massivem Untergeschoss und Fachwerkobergeschoss, bez. 1619
	Scheune	Hering, Am Alten Rathaus 5 <a href="#">&amp; Lage</a> Flur: 1, Flurstück: 186	Fachwerkscheune, bez. 1572
	Burgmannenhaus	Hering, Am Burgmannenhaus 1 <a href="#">&amp; Lage</a> Flur: 1, Flurstück: 214	Hofanlage des frühen 16. Jh.
	Stadtbefestigung	Hering, Am Burgmannenhaus 3/10, Burgweg 25/26 <a href="#">&amp; Lage</a> Flur: 1, Flurstück: 177, 195/2, 197, 215	Im Westen, von Süden nach Norden in ca. 3 m Höhe erhalten, sowie südlich der kath. Kirche

Abb. Anhang 19: Ausschnitt aus der Liste der Kulturdenkmäler in Otzberg Hering (Wikipedia 2022b)

Im Zweifelsfall sollte immer die Auskunft der unteren Denkmalschutzbehörde eingeholt werden!

### 3.2.2. Art des Denkmalschutzes

Es gibt drei Kategorien von Denkmalschutz, die sich in der Art des denkmalpflegerischen Interesses unterscheiden. Die Intensität des denkmalpflegerischen Interesses ist allerdings von der Einzelfallbetrachtung abhängig, darum kann die folgende Aufzählung nicht hierarchisch betrachtet werden.

#### Einzelkulturdenkmal

Bei Einzelkulturdenkmälern handelt es sich um Objekte, „an deren Erhalt aus künstlerischen, wissenschaftlichen, technischen, geschichtlichen oder städtebaulichen Gründen ein öffentliches Interesse besteht“ (§ 2 Abs. 1 HDSchG). Argumente wie Erhaltungszustand, Nutzungsabsichten und wirtschaftliche Belastung des Eigentümers/der Eigentümerin sind bei der Anerkennung eines Denkmals nicht vordergründig und können erst im Genehmigungsverfahren gehört werden (Landesamt für Denkmalpflege Hessen o. J.b).

Bei einem Kulturdenkmal „sind alle Maßnahmen [genehmigungspflichtig], die [...] das Erscheinungsbild oder die Substanz des Denkmals verändern“ (Landesamt für Denkmalpflege Hessen o. J.b). Dazu gehören alle Eingriffe (einschließlich Baumaßnahmen), „die den Denkmalwert negativ beeinflussen [oder] die dem Denkmal zugutekommen“ (Landesamt für Denkmalpflege Hessen o. J.b). Auch erhaltende Arbeiten ohne gestalterische Änderungen (wie z. B. Fassadenanstrich mit gleicher Farbe, Auswechseln eines Fensters durch ein baulich gleiches) bedürfen der Abstimmung mit der Denkmalschutzbehörde. Im Unterschied zu Objekten unter Ensembleschutz



---

„können bei Einzelkulturdenkmälern auch Veränderungen im Inneren des Objektes genehmigungsbedürftig sein“ (Kreisausschuss Wetteraukreis 2021).

### **Teil einer denkmalgeschützten Gesamtanlage (Ensembleschutz)**

Bei einer denkmalgeschützten Gesamtanlage handelt es sich nach § 2 Abs. 3 HDSchG um Gruppen von Immobilien, die gemeinsam ein Kulturdenkmal bilden. Ziel ist die Erhaltung eines Stadtbildes. Die Fassade und alle von außen sichtbaren Elementen unterstehen dem Denkmalschutz und jegliche diese Bereiche betreffende Änderung/Instandsetzung bedarf der Genehmigung durch die Denkmalschutzbehörde. (Landesamt für Denkmalpflege Hessen o. J.a)

### **Umgebungsschutz**

Auch wenn ein Gebäude selbst weder als Einzelkulturdenkmal noch als Teil einer Gesamtanlage unter Denkmalschutz steht, es sich aber in der Nachbarschaft oder im Sichtbezug zu Gesamtanlagen oder Einzelkulturdenkmälern befindet, können denkmalschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen sein! (Untere Denkmalschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2022)

#### **3.2.3. Denkmalschutzrechtliche Genehmigung & Vorteile von Denkmalschutz**

Grundlage für die legale Durchführung von Maßnahmen an Denkmälern (und evtl. in deren Nachbarschaft; Umgebungsschutz) ist die denkmalschutzrechtliche Genehmigung. Das Einholen dieser ist kostenfrei.

Vorteile des Denkmalschutzes sind die Möglichkeit zur Beantragung von Fördermitteln, mögliche Befreiung von Auflagen des Gebäudeenergiegesetzes sowie sachkundige Beratung. (Untere Denkmalschutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2022)

Unter gewissen Voraussetzungen können außerdem steuerliche Vorteile geltend gemacht werden, Infos unter: <https://lfd.hessen.de/service/hinweise-f%C3%BCr-denkmaleigent%C3%BCmer/zusch%C3%BCsse-und-steuererleichterungen>

#### **3.2.4. Spannungsfeld Denkmalschutz – Wiederverwendung von Baumaterialien**

Für den Denkmalschutz bzw. die Dorfentwicklung sind folgende Aspekte bei der Aktivierung von Baumaterialien wichtig:

Einerseits soll allein zur Aktivierung von Baumaterialien kein Gebäude abgebrochen werden, sondern zunächst immer der Ansatz verfolgt werden, dass ein Gebäude an seinem Standort wieder einer neuen Nutzung zugeführt wird. Hierdurch sollen sowohl die Gebäude selbst als auch das Ortsbild erhalten bleiben. Darüber hinaus wird das Risiko gesehen, dass durch öffentlichkeitswirksame Hinweise auf die Möglichkeit der Wiederverwendung entsprechend marktfähige Baumaterialien aus grundsätzlich erhaltenswürdigen, aber (noch) nicht unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden entnommen und vermarktet werden und es so zu einem Verlust von ortstypischer Bausubstanz kommt. Illegale Bauteilentnahmen an unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden sind strafbar.

Andererseits fehlen zum Erhalt denkmalgeschützter Gebäude historische Baumaterialien bzw. diese werden zu hohen Preisen gehandelt. Daher sind Denkmalschutz und Dorfentwicklung daran interessiert, für denkmalgeschützte und historische Gebäude wiederverwendbare Baumaterialien entsprechend zu sichern. Eine systematische Erfassung durch Abbruch freiwerdender, für denkmalgeschützte und historische Gebäude wiederverwendbarer Baumaterialien scheint aber bisher nicht zu erfolgen. Lediglich punktuell können unmittelbare Ver-

---

bindungen zwischen Abbruchunternehmen und den Nachnutzern von Baumaterialien hergestellt werden. Ansonsten erfolgt eine Bereitstellung solcher Baumaterialien nur über das beauftragte Abbruchunternehmen und dessen Kenntnis bezüglich der Marktfähigkeit solcher Baumaterialien bzw. eines Gewinns den das Abbruchunternehmen durch eine solche Vermarktung erzielen kann. Muss daher ein Gebäude trotz der zuvor formulierten Bedenken abgebrochen werden, sollte der/die Eigentümer:in darauf aufmerksam gemacht werden, dass er das Gebäude möglichst umfassend (aber mindestens hinsichtlich der wiederverwendbaren Baumaterialien, die für denkmalgeschützte und historische Gebäude genutzt werden können) erfasst bzw. erfassen lässt.

Weiterhin sollten strukturell leerstehende Gebäude auch nicht aufgrund mangelnder Unterhaltung im Zeitverlauf so verfallen, dass letztlich die dort gebundenen Baumaterialien soweit geschädigt werden, dass eine Wiedernutzung (z. B. aufgrund von Feuchtigkeitsschäden an Holzbalken) nicht mehr möglich ist. Es bedarf also einer einzelfallbezogenen Entscheidung, ob ein Gebäude als strukturell (dauerhaft) leerstehend anzusehen ist und daher zur Wiederverwendung von Baumaterialien rückgebaut werden sollte, um eine solche Wiederverwendung (noch) zu ermöglichen.

### 3.2.5. Für die Instandhaltung von Denkmälern stark nachgefragte Materialien

Folgende Baumaterialien sind für die Instandhaltung von Denkmälern besonders nachgefragt (Untere Denkmal-schutzbehörde Landkreis Darmstadt-Dieburg 2022)

- Gesundes Altholz in allen Formaten
- Historische Dachziegel
- Historische Backsteine
- Historische Fenster, Türen, Böden, Heizkörper, Treppen, Geländer, Brüstungen
- Sonstige historische Ausstattungselemente
- Sandsteinbauteile wie Fenstereinfassungen, Stützen etc.
- Kunststeinwerkstücke (z. B. Kunststeinfensterbänke)
- Holzrollläden und deren Metallverbinder

### 3.3. Fördermöglichkeiten

#### **Generelles Ziel für ein Beratungsgespräch mit privaten Eigentümer:innen bestehender Gebäude:**

Eigentümer:innen sollen dafür sensibilisiert werden, dass

- ggf. Fördermöglichkeiten bestehen, mit denen bestehende Gebäude einer neuen Nutzung zugeführt werden können.
- Fördermöglichkeiten für Maßnahmen bestehen, die die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern.

Wenn ein Umbau oder der Abbruch eines Gebäudes, ggf. mit nachfolgendem Neubau, geplant wird, stehen eine Vielzahl von Fördermöglichkeiten zur Verfügung, mit denen bestanderhaltende Maßnahmen aber auch Bau-maßnahmen gefördert werden, die eine bessere Energieeffizienz von Gebäuden gewährleisten.

Im Gespräch mit dem:der Bauherr:innen kann als zusätzlicher Hinweis auf mögliche Fördermaßnahmen auf-merksam gemacht werden; bei näherem Interesse sollte allerdings aufgrund von Umfang und Komplexität der Förderprogramme an die entsprechende Förderstelle verwiesen werden. Die hier generierte Aufzählung dient zur Übersicht über die gängigsten Fördermöglichkeiten, erhebt allerdings in diesem Rahmen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Unter Ausschluss von Doppelförderung können die Fördermöglichkeiten teilweise kombi-niert werden.

---

Die Landes Energie Agentur Hessen bietet unter <https://lea.foerdermittelauskunft.de> einen umfangreichen Überblick über im Land Hessen sowie bundesweit verfügbare Förderprogramme für Kommunen und Privatpersonen. Für klimaschutzbezogene Vorhaben bietet die Webseite <https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderkompass> eine gute Möglichkeit um einen Überblick über die in Frage kommenden Programme zu generieren.

### **3.3.1. Dorfwentwicklung**

Folgende Gemeinden sind (Stand Februar 2022) Teil der Förderkulisse im Landkreis Darmstadt-Dieburg:

- Ober-Ramstadt: 2013-2022
- Otzberg: 2014-2023
- Groß-Bieberau: 2017-2024
- Messel: 2022-2029 (evtl. 2028)
- Mühlthal: 2019-2027
- Seeheim-Jugenheim: 2020-2027

Mit der Dorfwentwicklung wird das Ziel verfolgt, die Lebensqualität in den Dörfern zu verbessern. Es handelt sich um ein Förderprogramm zur Unterstützung verschiedener nachhaltiger Projekte in ländlichen Kommunen. Um eine Möglichkeit auf Förderung zu erhalten, muss die Kommune als Förderschwerpunkt anerkannt sein und das entsprechende Fördervorhaben den Programmzielen entsprechen. Privatpersonen können eine Förderung aus dem Programm erhalten, wenn sich das jeweilige Vorhaben im Fördergebiet befindet.

Nach der Richtlinie zur Entwicklung des ländlichen Raums des Landes Hessen sind energetische Sanierungen, Umnutzungen und Erweiterungen zu Wohnzwecken, ortstypische Gestaltung von Freiflächen, städtebaulich verträglicher Rückbau nicht sanierungsfähiger Gebäude sowie Neubau oder Wiederherstellung von Gebäuden, die sich städtebaulich, denkmalpflegerisch und baugestalterisch in die örtliche Baustruktur einfügen, grundsätzlich förderfähig. Historische Baumaterialien sind von der Förderung nicht ausgeschlossen, sofern die Angemessenheit der Ausgaben durch eine sachkundige Stelle – z. B. Handwerk, Denkmalpflege, Architekt:innen – bestätigt wird. (Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung der ländlichen Entwicklung)

Das Fachgebiet Dorfwentwicklung des Landkreises Darmstadt-Dieburg bietet kostenfreie Beratungen an. Zudem wird im Rahmen der Förderphase eines Förderschwerpunktes eine kostenfreie städtebauliche Erstberatung angeboten.

### **3.3.2. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle**

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bietet z. B. verschiedenste Förderungen von Baumaßnahmen, sowie zum Erwerb von Immobilien und Beratungen zum Thema Energieeffizienz für Privatpersonen, Unternehmen, Kommunen und Organisationen an. Ähnlich wie bei der Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (siehe nächstes Kapitel) sind die Investitionszuschüsse oder Kredite mit Tilgungszuschuss bei den meisten Fördermöglichkeiten an einen bestimmten Energiestandard geknüpft. Auf der Webseite des BAFA sind unter <https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienzwegweiser/energieeffizienzwegweiser.html> Informationen und ein ‚Förderwegweiser‘ als Unterstützung bei der Auswahl der passenden Fördermaßnahme einzusehen (BAFA 2022).

### 3.3.3. Kreditanstalt für Wiederaufbau

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) fördert u. a. Privatpersonen beim Sanieren, Umbauen und Kaufen bestehender Immobilien und Neubauten. Die hierzu angebotenen Förderprodukte unterscheiden sich in Kreditvergabe, Bezuschussung und der Mischform Kredit mit Tilgungszuschuss. Bei energetischen Sanierungen richtet sich die Höhe des Zuschusses nach dem erzielten Effizienzstandard des fertiggestellten Gebäudes. Eine Übersicht der Förderprodukte sowie ein Produktfinder sind auf der KfW Webseite unter <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/> verfügbar. Zur weiteren Beratung wird besonders bei energetischen Ertüchtigungsmaßnahmen das Einbinden eines/ einer Energieberater:in empfohlen und in manchen Fällen für die Förderung vorausgesetzt. (KfW 2022)

### 3.4. Baugenehmigungen

#### **Generelles Ziel für ein Beratungsgespräch mit privaten Eigentümer:innen bestehender Gebäude:**

Eigentümer:innen sollen dafür sensibilisiert werden, dass

- ggf. eine Baugenehmigungspflicht für den beabsichtigten Abbruch und Umbau besteht.
- auch wenn keine Baugenehmigungspflicht für den beabsichtigten Abbruch und Umbau besteht, ggf. Genehmigungen nach Artenschutz, Denkmalschutz oder Abfallrecht einzuholen sind.

Mit einer erteilten Baugenehmigung erhält der/die Bauherr:in grundsätzlich die Gewähr, dass er/sie das geplante Bauvorhaben verwirklichen kann und keine rechtlichen Hindernisse diesem entgegenstehen. Zu den grundsätzlich genehmigungspflichtigen Bauvorhaben gehören Neubauten, Erweiterungsbauten, Nutzungsänderungen und Abbrüche von Gebäuden. Inwieweit bei bestimmten Bauvorhaben eine Genehmigung entfällt, ergibt sich aus dem spezifischen Bauordnungsrecht eines Bundeslandes, hier Hessen.

Nach der Hessischen Bauordnung (HBO) ist der Abbruch oder die Beseitigung von vorhandenen baulichen Anlagen (im Ganzen oder in Teilen) baugenehmigungspflichtig, soweit das Vorhaben nicht nach Abschnitt IV der Anlage zu § 63 HBO baugenehmigungsfrei gestellt ist § 62 Abs. 1 HBO. Das nachfolgende Kapitel soll einen Überblick geben, welche Abbrüche einer Baugenehmigung bedürfen und was bei den verschiedenen Verfahren zu beachten ist.

#### 3.4.1. Baugenehmigungsfreie Abbruchmaßnahmen

Der Abbruch folgender baulicher Anlagen ist nach § 63 HBO in Verbindung mit Abschnitt IV der Anlage zu § 63 HBO in Hessen baugenehmigungsfrei:

- „bauliche Anlagen [sowie andere Anlagen und Einrichtungen, die genehmigungsfrei errichtet werden dürfen],
- Gebäude bis 300 m<sup>3</sup> Brutto-Rauminhalt [...],
- Gebäude der Land- oder Forstwirtschaft oder des Erwerbsgartenbaus bis 150 m<sup>2</sup> Grundfläche [...],
- Behälter bis 150 m<sup>3</sup> Behälterinhalt,
- Feuerstätten und ihre Verbindungsstücke,
- Transformatoren- und Gasreglerstationen sowie Funkcontainer,
- Gerüste“ (Anlage zu § 63 Abschnitt IV HBO)

Für alle anderen Abbrüche ist nach § 66 HBO eine Genehmigung der zuständigen Bauaufsicht erforderlich.

---

Bei baugenehmigungsfreien Abbruchmaßnahmen ist die Gemeinde über das beabsichtigte Vorhaben durch Einreichung der erforderlichen Bauvorlagen (in Hessen maßgeblich das Formular zur Mitteilung baugenehmigungsfreier und genehmigungsfreigestellter Vorhaben) schriftlich in Kenntnis zu setzen (HMWEVL 2019). „Mit dem Vorhaben darf 14 Tage nach Eingang der erforderlichen Bauvorlagen bei der Gemeinde begonnen werden, wenn die Gemeinde der Bauherrschaft nicht schriftlich erklärt, dass ein Baugenehmigungsverfahren durchgeführt werden soll, oder eine vorläufige Untersagung nach § 15 Abs. 1 Satz 2 des Baugesetzbuches beantragt. Teilt die Gemeinde der Bauherrschaft vor Ablauf der Frist schriftlich mit, dass kein Baugenehmigungsverfahren durchgeführt werden soll und sie eine vorläufige Untersagung nach § 15 Abs. 1 Satz 2 des Baugesetzbuches nicht beantragen wird, darf die Bauherrschaft bereits vor Ablauf der Frist [...] mit der Ausführung des Vorhabens beginnen.“ (Anlage zu § 63 Abschnitt V Nr. 1 HBO) Auch ein baugenehmigungsfreier Abbruch muss nach Abschnitt V Nr. 6 der Anlage zu § 63 HBO von einer Fachfirma ausgeführt werden.

Es bleibt zu beachten, dass Abbruchmaßnahmen, auch wenn sie baugenehmigungsfrei sind, nach anderem öffentlichen Recht genehmigungspflichtig sein können, z. B. wenn die vorhandene bauliche Anlage denkmalgeschützt ist oder die Belange des Artenschutzes- oder Abfallrechts betroffen sind oder Erhaltungssatzungen der Kommune beachtet werden müssen. Ist eine Genehmigung, Erlaubnis oder Zustimmung nach anderen Vorschriften erforderlich, muss diese vorliegen, bevor mit der Beseitigung begonnen wird.

Weiterführende Informationen können den folgenden Dokumenten genommen werden:

- Hessische Bauordnung (HBO) vom 28. Mai 2018, zuletzt geändert durch Gesetz vom 3. Juni 2020 (GVBl. S. 378)
- Hinweise zu den Bauvorschriften, abrufbar auf der Homepage des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

### **3.4.2. Genehmigungspflichtige Abbrüche**

Genehmigungen für einen Abbruch werden stets im Normalverfahren nach § 66 HBO geprüft und genehmigt, sofern sie nicht genehmigungsfrei sind.

Der Prozess beginnt mit einem Antrag, der bei der Baugenehmigungsbehörde eingereicht wird (§ 69 Abs. 1 HBO). Dem Abbruchartrag „sind alle für die Beurteilung des Vorhabens und die Bearbeitung des Bauantrages erforderlichen Bauvorlagen beizufügen“ (§ 69 Abs. 2 HBO). Welche Bauvorlagen im konkreten Einzelfall vorzulegen sind, kann bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde erfragt werden.

Zusätzlich ist darauf zu achten, dass „die Standsicherheit anderer Anlagen und die Tragfähigkeit des Baugrundes des Nachbargrundstücks [...] nicht gefährdet werden“ (§ 12 Abs. 1 HBO). Ggf. ist hierüber ein statischer Nachweis zu führen.

Auch Abbrucharbeiten können zusätzlich nach anderem öffentlichen Recht genehmigungspflichtig sein, z. B. wenn die vorhandene bauliche Anlage denkmalgeschützt ist, die Belange des Arten- oder Abfallrechts betroffen sind oder Erhaltungssatzungen der Kommune beachtet werden müssen. Die Prüfung schließt nur dann andere öffentlich-rechtliche Vorschriften ein, soweit wegen der Baugenehmigung eine Entscheidung nach diesen anderen Fachvorschriften entfällt oder ersetzt wird, wie z. B. im Denkmalschutzrecht. In diesen Fällen wird die nach dem Fachrecht notwendige Genehmigung/Erlaubnis mit der Baugenehmigung erteilt (§ 66 HBO).

In allen anderen Fällen muss beim entsprechenden Fachamt eine separate Genehmigung beantragt werden. Die Baugenehmigung deckt damit nur noch einen Teil des öffentlichen Rechts ab. Dennoch sind alle öffentlich-rechtlichen Vorschriften zu beachten. Darüber liegt die Verantwortung allein bei der Bauherrschaft und den am Bau

---

Beteiligten, zu deren Aufgabe auch die Koordination der geprüften und nicht geprüften Bereiche gehört. Grundsätzlich gilt, dass mit den Bauarbeiten erst begonnen werden darf, wenn das Vorhaben mit dem gesamten öffentlichen Recht vereinbar ist.

Nach Eingang des vollständigen Antrages wird über den Abbruchantrag, ausgenommen bei Sonderbauten, innerhalb von drei Monaten entschieden. Diese Frist kann beim Vorliegen wichtiger Gründe durch die Bauaufsichtsbehörde um bis zu zwei Monate verlängert werden. (§ 70 Abs. 4 HBO) Eine erteilte Abbruchgenehmigung wird ungültig, wenn nicht innerhalb von drei Jahren nach ihrer Erteilung mit dem Abbruch begonnen wird oder wenn der Abbruch für ein Jahr unterbrochen wurde. Die Abbruchgenehmigung kann auf Antrag um jeweils bis zu zwei Jahre verlängert werden. Dieser Antrag kann formlos unter Angabe des Aktenzeichens bei der Bauaufsicht gestellt werden. (§ 74 Abs. 7 HBO)

Weiterführende Informationen können den folgenden Dokumenten genommen werden:

- Hessische Bauordnung (HBO) vom 28. Mai 2018, zuletzt geändert durch Gesetz vom 3. Juni 2020 (GVBl. S. 378)
- Hinweise zu den Bauvorschriften, abrufbar auf der Homepage des Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

### 3.5. Bau- und Abbruchabfälle

#### **Generelles Ziel für ein Beratungsgespräch mit privaten Eigentümer:innen bestehender Gebäude:**

Eigentümer:innen sollen dafür sensibilisiert werden, dass

- durch die Gewinnung und Vermarktung wiederverwendbarer Baumaterialien bei Abbruch- bzw. Umbaumaßnahmen natürliche Ressourcen geschont werden.
- bei der Gewinnung das Risiko von Schadstoffbelastungen berücksichtigt werden muss.

Bei dem (Teil-)Rückbau oder dem Umbau eines Gebäudes fallen diverse Baumaterialien an, bspw. Türen, Balken, Geländer, Fenster oder Ziegel, die nach dem Abfallrecht zu behandeln sind, wenn sie nicht unmittelbar wiederverwendet werden (Abfallvermeidungsmaßnahme) Unter dem Begriff Bau- und Abbruchabfälle (oft auch nur Bauabfälle genannt) werden daher „alle Abfälle zusammen[ge]fass[t], die bei der Errichtung, dem Umbau, der Renovierung oder der Beseitigung eines Bauwerks anfallen“ (Potrykus et al. 2021, S. 19). Allein aus ökologischen Zielen sollte eine möglichst umfassende Wiederverwendung von geeigneten Baumaterialien angestrebt werden, um natürliche Ressourcen zu schonen und die in diesen Baumaterialien durch deren Herstellung gebundene Energie (sog. graue Energie) weiter zu nutzen.

Im nachfolgenden Kapitel wird näher auf die Einstufung und Entsorgung dieser Abfälle eingegangen.

#### **3.5.1. Konventioneller Abbruch vs. kontrollierter Rückbau eines Gebäudes**

Ein konventioneller Abbruch erfolgt meistens durch ein einfaches Zertrümmern des Gebäudes (Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 2003, S. 5). Eine Trennung der Bauabfälle erfolgt im Nachgang und ist sowohl mit einem hohen Zeitaufwand als auch mit hohen Kosten verbunden (Landratsamt Kitzingen o. J.). Bei Gebäuden, die schadstoffhaltige Materialien enthalten, ist diese Art des Rückbaus nicht zulässig, da durch die Zertrümmerung des Gebäudes eine Mischung zwischen schadstoffhaltigen und nicht schadstoffhaltigen Materialien erfolgt (Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 2003, S. 5).

**Ein kontrollierter Rückbau (siehe Abb. Anhang 20)**, auch systematischer, selektiver oder recyclinggerechter Abbruch genannt, verfolgt das Ziel einen hohen Anteil der Bauabfälle verwerten zu können. Aus diesem Grund ist

---

von Beginn an eine sortenreine Trennung sowie die Entfernung schadstoffhaltiger Materialien erforderlich. Durch eine genaue Planung ist es darüber hinaus möglich auch einzelne Baumaterialien, wie bspw. Fenster oder Sanitäranlagen, aus dem Gebäude auszubauen. (Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 2003, S. 5) Der kontrollierte Abbau dauert zwar länger als ein konventioneller Gebäudeabbruch, spart aber die teuren Kosten für eine Nachsortierung der Bauabfälle ein (Landratsamt Kitzingen o. J.) und gehört heutzutage zu den anerkannten Regeln der Technik (Bayrisches Landesamt für Umwelt 2019, S. 6). Er ist somit für die Wiederverwendung von Baumaterialien geeigneter als ein konventioneller Abbruch.



Abb. Anhang 20: Konventioneller Abbruch vs. kontrollierter Gebäuderückbau (links: Bayrisches Landesamt für Umwelt 2019, S. 6; rechts: Wabner 2021)

### 3.5.2. Ausbau

Abbruch- und Rückbauarbeiten gelten als eine der gefährlichsten Aufgaben des Baugewerbes. So können Unfallgefährdungen durch Abstürze, oder das Risiko von fallenden Teilen oder Stürzen auf einer Ebene Verletzungen davonzutragen, entstehen (siehe Abb. Anhang 21). Die Gründe hierfür „liegen sowohl in organisatorischen und technischen Mängeln als auch in Verhaltensdefiziten der Beteiligten“ (Gabriel et al. 2010, S. 3). Aus diesem Grund ist von allen Beteiligten ein hohes Maß an Sicherheit erforderlich. (Gabriel et al. 2010, S. 3-5) Da Baumaterialien, die sich für eine Wiederverwendung eignen, regelmäßig im Zuge von Abbruch- oder Rückbauarbeiten ausgebaut werden, ist aufgrund des zuvor erläuterten Risikos eine besondere Vorsicht geboten. Für den Ausbau kann sich an dem im Forschungsprojekt ‚Wiederverwendung von Baukomponenten (RE-USE)‘<sup>11</sup> entwickelten Vorgehen für den Ausbau von Baumaterialien im Rahmen eines kontrollierten Gebäuderückbaus orientiert werden (siehe Anhang 1).

---

<sup>11</sup> Das Forschungsprojekt ‚Wiederverwendung von Baukomponenten (RE-USE)‘ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung im Auftrag des Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau. Das Projekt lief von Februar 2019 bis Juni 2021 und verfolgte das Ziel „im Landkreis Konstanz die Grundlagen zur Etablierung einer geeigneten Organisationsstruktur für eine Wieder- und Weiterverwendung im Hochbau zu schaffen und zu dokumentieren“ (John und Stark 2021, S. 6).



Abb. Anhang 21: Risiko bei Abbruch- und Rückbauarbeiten, bspw. durch Stolpern über Abbruchmaterial oder Abstürzen durch Bodenöffnungen (links: Piede 2017; rechts: Kess 2017)

### 3.5.3. Entsorgung

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), das am 24. Februar 2012 in Kraft getreten ist, ist in Deutschland das zentrale Gesetz des Abfallrechtes und verfolgt insgesamt das Ziel „die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“ (§ 1 Abs. 1 KrWG). Es bildet somit für die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen eine wichtige rechtliche Grundlage.

Ein Kernelement des KrWG ist die fünfstufige Abfallhierarchie (§ 6 Abs. 1 KrWG), dargestellt in Abb. Anhang 22. Oberste Priorität hat dabei die generelle Vermeidung von Abfällen, gefolgt von der Wiederverwendung, dem Recycling und der Verwertung von Abfällen. Die letzte Option stellt die Beseitigung von Abfällen dar. Aus der Abfallpyramide wird somit deutlich, dass die Wiederverwendung von Baumaterialien eine hohe Priorität hat und bei dem (Teil-)Rückbau oder Umbau eines Gebäudes nicht zu vernachlässigen ist.

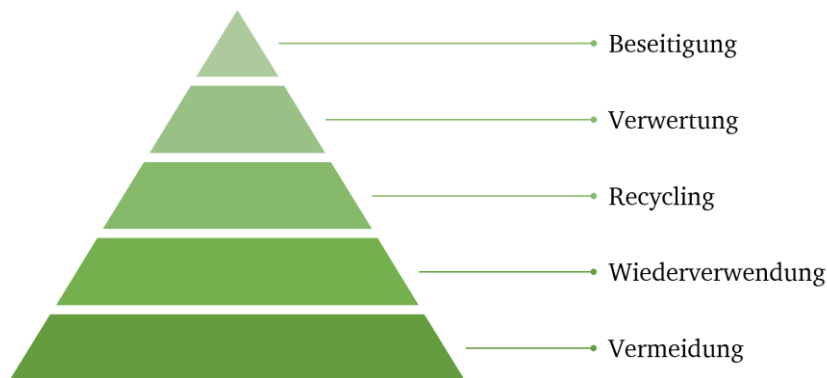


Abb. Anhang 22: Abfallpyramide (eigene Darstellung)

Nach dem KrWG sind „die Erzeuger<sup>12</sup> oder Besitzer<sup>13</sup> von Abfällen [...] zur Verwertung ihrer Abfälle verpflichtet“. Darüber hinaus sind sie für Abfälle, die „nicht verwertet werden, [...] verpflichtet, diese zu beseitigen“ (§ 15

<sup>12</sup> „Erzeuger von Abfällen [...] ist jede natürliche oder juristische Person, durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen (Ersterzeuger) oder die Vorbehandlungen, Mischungen oder sonstige Behandlungen vornimmt, die eine Veränderung der Beschaffenheit oder der Zusammensetzung dieser Abfälle bewirken (Zweiterzeuger)“ (§ 3 Abs. 8 KrWG).

<sup>13</sup> „Besitzer von Abfällen [...] ist jede natürliche oder juristische Person, die die tatsächliche Sachherrschaft über Abfälle hat“ (§ 3 Abs. 9 KrWG).



---

Abs. 1 KrWG). Der Entsorgungsweg der Bau- und Abbruchabfälle ergibt sich aus der Abfalleinstufung (s. u.) sowie den enthaltenen Schadstoffen (s. u.). Weitere Informationen hierzu können auch dem Merkblatt ‚Entsorgung von Bauabfällen‘ der drei Regierungspräsidien in Hessen entnommen werden (vgl. Bodden et al. 2018).

Bei einem professionellen Gebäudeabbruch stehen damit der Bauherr und das beauftragte Abbruchunternehmen in der Verantwortung, auch dann noch, „wenn die Entsorgungsverantwortlichkeit auf das ausführende Bauunternehmen übertragen wird“ (Landratsamt Kitzingen o. J.). Darüber hinaus sind auch das Transport- und das Entsorgungsunternehmen in der Pflicht. Dennoch bleibt aber der Bauherr als Auftraggeber bis zum Schluss für die korrekte Beseitigung der Bau- und Abbruchfälle verantwortlich. (Bodden et al. 2018, S. 5). Wenn der Ausbau von Baumaterialien selbst durchgeführt wird, z. B. vor dem eigentlichen Gebäudeabbruch, gelten die Eigentümer:innen der Immobilie als die Erzeuger bzw. Besitzer des Abfalls. Bevor eine ordnungsgemäße Beseitigung der Abfälle vorgenommen wird, ist es möglich die Baumaterialien über den ‚Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg‘ zu verkaufen und somit einer Wiederverwendung, wie sie die Abfallpyramide vorsieht, zuzuführen. Sollte dies nicht möglich sein, müssen die Abfälle korrekt entsorgt werden.

In der Region Darmstadt-Dieburg gibt es für die Entsorgung von Abfällen einige Anlaufstellen. Eine Übersicht kann Anhang 2 entnommen werden.

#### **3.5.4. Abfalleinstufung**

In der Europäischen Union orientiert sich die Einstufung von Abfällen am Europäischen Abfallverzeichnis, das die Abfälle vor allem nach ihrem Herkunftsbereich einstuft und mit der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) in nationales Recht umgesetzt wurde (UBA 2016). Die Abfälle werden dabei in insgesamt 20 unterschiedliche Abfallarten unterteilt (Nr. 17 für Bau- und Abbruchabfälle, siehe Anhang 3) und mit einem sechsstelligen Abfallschlüssel gekennzeichnet. Abfälle, die zusätzlich eine \*-Kennzeichnung haben, gelten als gefährlich und müssen „eine oder mehrere der in Anhang III aufgeführten gefährlichen Eigenschaften“ (Art. 3 Nr. 2 Abfallrahmenrichtlinie (ARRL)) aufweisen. Dazu gehören die folgenden Eigenschaften: explosiv, brandfördernd, entzündbar, reizend (Hautreizung und Augenschädigung), spezifische Zielorgantoxizität, akute Toxizität, karzinogen, ätzend, infektiös, reproduktionstoxisch, mutagen, Freisetzung eines akut toxischen Gases, sensibilisierend, ökotoxisch und Abfall, der eine der oben genannten gefahrenrelevanten Eigenschaften entwickeln kann, die der ursprüngliche Abfall nicht unmittelbar aufweist (Anhang III ARRL). Sobald ein Abfall also mindestens einer dieser Eigenschaften aufweist, ist er als gefährlich einzustufen.

#### **3.5.5. Schadstoffe**

Schadstoffe<sup>14</sup> können in den unterschiedlichsten Baumaterialien, die in einem Gebäude verbaut sind, anfallen. Vor allem bei Gebäuden, die zwischen den 1960er und 2000er Jahren gebaut wurden, ist das Potenzial für das Vorhandensein von Schadstoffen groß (Bodden et al. 2018, S. 4). Um den Schadstoffgehalt der einzelnen Materialien herauszufinden und diese anschließend ordnungsgemäß zu entsorgen, ist eine Beprobung erforderlich. Die Entnahme der Proben findet i. d. R. durch qualifizierte Sachverständige vor Ort statt (Bodden et al. 2018, S. 5), wird anschließend in einem Labor analysiert und in einem Schadstoffgutachten ausgewertet. Die Kosten für ein Gutachten dieser Art liegen bei einem Ein- bis Zweifamilienhaus normalerweise bei etwa 2000 bis 3500 € netto.

Alternativ können auch Tests verwendet werden, bei denen der Immobilieneigentümer:in selbst eine Material- bzw. Raumluftprobe entnimmt und diese anschließend an ein Labor zur Auswertung schickt. Auch hier erhält

---

<sup>14</sup> Schadstoffe sind „in der natürlichen Umwelt vorkommende (natürliche und anthropogene) Stoffe, die unter bestimmten Voraussetzungen auf Menschen, andere Lebewesen, Ökosysteme oder Sachen schädlich wirken können“ (Günther o. J.).

---

man einen ausführlichen Prüfbericht. Solche Tests gibt es zur Untersuchung auf bestimmte Materialien, wie z. B. Asbest, Weichmacher, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Holzschutzmittel und Polychlorierte Biphenyle (PCB), sowie für die Untersuchung der Raumluft auf bestimmte Baualtersklassen zugeschnitten. Diese Tests sind ab ca. 100 € erhältlich.

Zu den wichtigsten Gebäudeschadstoffen gehören (Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 2003, S. 16-21)

- Asbest
- Künstliche Mineralfasern (KMF)
- Holzschutzmittel und Pestizide: Pentachlorphenol (PCP), Lindan ( $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan), Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)
- PCB
- PAK
- Metalle

Ergänzend zu dieser Auflistung kann Anhang 4 eine Übersicht entnommen werden, die das potenzielle Vorkommen der Schadstoffe auflistet, Beispiele liefert, Verbote kennzeichnet und den häufigsten Entsorgungsweg nennt. Für eine erste Einschätzung kann auch das Schadstoffverzeichnis des Bauteilkreisels Region Darmstadt-Dieburg unter [www.bauteilkreiseldadi.de](http://www.bauteilkreiseldadi.de) herangezogen werden, das Interessierten im Abschnitt ‚Wiederverwendung‘ zur Verfügung steht.

### 3.5.6. Kontakte

Folgende Ansprechstellen bzw. -personen in der Region Darmstadt-Dieburg können bei Fragen rund um das Thema Bau- und Abbruchabfälle kontaktiert werden:

- Servicestelle für Abfall und Entsorgungswege in Darmstadt (per E-Mail an [Abfall-Entsorgungswege-Da@rpda.hessen.de](mailto:Abfall-Entsorgungswege-Da@rpda.hessen.de) oder telefonisch unter +49 6151 12 3744) (RP Darmstadt o. J.)
- Abfallberatung durch den Zweckverband Abfall- und Wertstoffeinsammlung (ZAW) des Landkreis Darmstadt-Dieburg (Ansprechpartnerin: Frau Funck; per E-Mail an [c.funck@zaw-online.de](mailto:c.funck@zaw-online.de) oder telefonisch unter +49 6159 9160-144) (ZAW 2020b)
- Abfallberatung durch den Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen (EAD) der Stadt Darmstadt (telefonisch über das Servicetelefon unter +49 6151 13 46 000) (EAD 2021)

### 3.6. Verkauf auf dem ‚Bauteilkreisels Region Darmstadt-Dieburg‘

#### **Generelles Ziel für ein Beratungsgespräch mit privaten Eigentümer:innen bestehender Gebäude:**

Eigentümer:innen sollen dafür sensibilisiert werden, dass

- mit dem Bauteilkreisels eine Plattform zur einfachen Vermarktung wiederverwendbarer Baumaterialien besteht.
- zur Kalkulation möglicher Einnahmen durch die Vermarktung wiederverwendbarer Baumaterialien der Bauteilrechner zur Verfügung gestellt wird.
- die Plattform Informationen zu Schadstoffrisiken bei wiederverwendbaren Baumaterialien bereitstellt.
- bei der Vermarktung wiederverwendbarer Baumaterialien rechtliche Randbedingungen zu berücksichtigen sind.

---

Der ‚Bauteilkreis Region Darmstadt-Dieburg‘ ist eine Plattform für den Verkauf und Kauf von Baumaterialien, die sich für eine Wiederverwendung eignen. In den nachfolgenden Kapiteln wird sich daher näher mit den Themen Gewährleistung und Garantie beschäftigt.

### 3.6.1. Definition wichtiger Begriffe

Der Begriff Gewährleistung, auch Mängelhaftung genannt, wird als „die gesetzliche Verpflichtung, eine Sache oder ein Werk mangelfrei an den Käufer zu übergeben“ (BMJ o. J.) definiert und beträgt i. d. R. zwei Jahre (§ 437 Abs. 1 Nr. 3 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB)). Mängel werden dabei nach §§ 434 und 435 BGB in Sach- und Rechtsmängel unterteilt. Ansprüche auf Gewährleistung bestehen somit nur für Sach- und Rechtsmängel, nicht aber für Mängel, die auf ein Selbstverschulden zurückzuführen sind (BMJ o. J.).

Mit dem Begriff Garantie, gesetzlich in § 443 BGB geregelt, ist dagegen die „Übernahme einer besonderen Gewähr durch den Verkäufer gegenüber dem Käufer [gemeint], die über die gesetzliche Mängelhaftung hinausgeht“ (Berwanger o. J.). Sie ist somit eine freiwillige, private Vereinbarung zwischen Verkäufer und Käufer, deren Bedingungen durch den Verkäufer festgelegt werden, und bspw. bei elektronischen Geräten sehr beliebt (BMJ o. J.).

### 3.6.2. Gewährleistung und Garantie

Da es sich bei dem ‚Bauteilkreis Region Darmstadt-Dieburg‘ lediglich um die Plattform an sich handelt, kann für die Angebote und die darauffolgenden Kaufverträge keine Gewährleistung oder Garantie durch die Betreiber des Bauteilkreisels übernommen werden.

Auf dem ‚Bauteilkreis Region Darmstadt-Dieburg‘ erfolgen vorwiegend Verkäufe zwischen Privatpersonen. Bei Verkäufen zwischen Privatpersonen, die auf digitalen Marktplätzen, wie dem Bauteilkreis, Ebay etc., getätigt werden, gibt es grundsätzlich kein Recht auf einen Umtausch oder eine Rücknahme der Produkte (Stiftung Warentest 2021). Nichtsdestotrotz muss auch bei einem Privatverkauf der Verkäufer gebrauchter Produkte für mögliche Schäden oder Mängel aufkommen. Als Verkäufer hat man jedoch die Möglichkeit dies durch den Ausschluss der Haftung auszuschließen. Hierbei ist aber die richtige Formulierung entscheidend. Nach Empfehlungen der Stiftung Warentest eignet sich für den Ausschluss der Sachmängelhaftung bspw. folgende Formulierung: „Ich schließe jegliche Sachmängelhaftung aus.“ (Stiftung Warentest 2021). Dies kann zusätzlich durch den Satz „Die Haftung auf Schadenersatz wegen Verletzungen von Gesundheit, Körper oder Leben und grob fahrlässiger und/oder vorsätzlicher Verletzungen meiner Pflichten als Verkäufer bleibt uneingeschränkt.“ (Stiftung Warentest 2021) ergänzt werden.

Wenn große Bedenken bezüglich der Haftung bestehen, können die Baumaterialien auch auf dem ‚Bauteilkreis Region Darmstadt-Dieburg‘ auch verschenkt werden. Bei einer Schenkung haftet der Schuldner nur bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit (§ 521 BGB), also wenn bekannte Mängel oder Fehler der verschenkten Sache absichtlich verschwiegen werden (§ 524 BGB).

Sollte der Käufer eines Bauteils oder anderer Baumaterialien nicht sicher sein, ob sich das erworbene Produkt tatsächlich für den geplanten Einsatz eignet (z. B. Wiederverwendung eines Holzbalkens als tragendes Element), ist die Empfehlung sicher zu gehen und einen Experten (bspw. einen Architekten bzw. eine Architektin) heranzuziehen. Bei der Wiederverwendung von Holzbalken gibt es i. d. R. jedoch keine statischen Probleme (Feußner 2022). Vielmehr schränken bei Altholz enthaltende Schadstoffe die Wiederverwendung stark ein (Feußner 2022). Ist das Heranziehen eines Experten nicht gewünscht bzw. kommt der Experte zu dem Ergebnis, dass sich das erworbene Produkt nicht für den geplanten Einsatz eignet, sollte ein geeigneterer Einsatzort gefunden werden (z. B. Wiederverwendung eines Holzbalkens als Garderobe oder Lampenhalter; siehe Abb. Anhang 23). Wei-

---

tere Ideen für die Wiederverwendung von Baumaterialien können auch dem Handbuch ‚Baumaterialien wiederverwenden. Ein Handbuch für alle zum Entdecken und Nachschlagen‘ – ebenfalls ein Ergebnis des Forschungsprojektes WieBauin – entnommen werden (Labidi 2023).



Abb. Anhang 23: Garderobe und Lampe aus alten Holzbalken (links: Sternboeck 2014; rechts: Lepple o. J.)

---

## Anhang 1: Ablauf für den Ausbau von Bauteilen und anderen Baumaterialien

Die Schritte 1 bis 5 dienen als Vorbereitung für den Ausbau der Bauteile und anderen Baumaterialien. Schritt 6 beschreibt den tatsächlichen Ausbau und Schritt 7 eine mögliche Einlagerung der ausgebauten Bauteile und anderen Baumaterialien:

1. „Anfrage beim Abbruchunternehmer, welche Rückbau-Gebäude gefahrlos besichtigt werden können und Vereinbarung eines Besichtigungstermins. Wichtig: Beim Abbruchunternehmer ist zu erfragen, ob für die Besichtigung evtl. spezielle Sicherheitsausrüstung notwendig ist.
2. Schadstoffgutachten vom Abbruchunternehmer besorgen. Das Schadstoffgutachten gibt darüber Aufschluss, welche Bauteile gefahrlos wiederverwendet werden können. Der Abbruchunternehmer hat bei Vereinbarung des Besichtigungstermins schon das Schadstoffgutachten für sein Rückbau- und Entsorgungskonzeptvorliegen und kann diese Information vor der Besichtigung weiterleiten. Wichtig: Es ist für alle [...] verpflichtend, sich vor der Besichtigung das Schadstoffgutachten durchzulesen, um potenzielle Gefahrenquellen vor Ort identifizieren zu können.
3. Bei der Besichtigung des Gebäudes sind all jene Bauteile genau zu dokumentieren, die für [eine Wiederverwendung] [...] interessant sind. Wichtig: Die Bauteilwunschliste muss unbedingt immer mit dem Schadstoffgutachten abgeglichen werden! Dies muss in Rücksprache mit der Projektleitung erfolgen. Bauteile, die im Schadstoffgutachten als belastet gekennzeichnet sind, dürfen NICHT AUSGEBAUT werden.
4. In Ausnahmefällen, wenn ein Wunschbauteil in dem Schadstoffgutachten nicht explizit beprobt wurde (z. B. bei Konstruktionsholz das im Schadstoffgutachten pauschal als Abfall der Klasse IV gekennzeichnet ist), muss eine spezielle Beprobung des Materials erfolgen. Nur wenn diese dem Baustoff bescheinigt, dass er unbedenklich ist, darf er wiederverwendet werden. Für eine solche Beprobung ist ausreichend Zeit einzuplanen, da es ca. zwei Wochen dauern kann, bis die Ergebnisse vorliegen. Wichtig: Die Probe muss von einem zugelassenen Schadstoffgutachter entnommen und zur Beprobung bei einem Prüflabor eingereicht werden. [...]
5. Übersenden der Bauteilwunschliste an den Abbruchunternehmer und Absprache mit ihm, welche Bauteile das Abbruchunternehmen ausbauen kann und welche [der/die Immobilieneigentümer:in bzw. weitere Interessierte] [...] selbst ausbauen darf. Für den Ausbau muss ein Termin mit dem Abbruchunternehmer vereinbart werden. Außerdem: Terminabsprache mit dem Unternehmen, das den Abtransport der ausgebauten Bauteile übernimmt [...]. Wichtig: Jeder, der am Abbruch und der anschließenden Einlagerung der Bauteile teilnimmt (auch wenn nur zu Dokumentationszwecken), muss unbedingt Schutzkleidung tragen.“ (John und Stark 2021, S. 40-41)
6. „Selektiver Rückbau von Bauteilen. Wichtig: Es dürfen nur Bauteile ausgebaut werden, die im Schadstoffgutachten als unbedenklich eingestuft wurden.
7. Bestandsaufnahme während bzw. nach der Einlagerung der Bauteile (vermessen, wiegen, inventarisieren). Wichtig: Jeder, der an Abbruch, Abtransport, Be- und Entladen und Einlagerung der Bauteile teilnimmt (auch wenn nur zu Dokumentationszwecken), muss unbedingt Schutzkleidung tragen.“ (John und Stark 2021, S. 41)

## Anhang 2: Wertstoffhöfe / Recyclinghöfe / Bauhöfe in der Region Darmstadt-Dieburg (Stand Dezember 2021)

Stadt / Gemeinde	Anschrift und Kontakt	Öffnungszeiten	URL
Alsbach-Hähnlein	An der Quelllache 64665 Alsbach-Hähnlein	Fr: 13:30-16:30 Uhr Jeden 1. Sa: 8-12 Uhr	<a href="https://www.alsbach-haehnlein.de/leben-wohnen/umwelt-entsorgung/ver-und-entsorgung">https://www.alsbach-haehnlein.de/leben-wohnen/umwelt-entsorgung/ver-und-entsorgung</a>
Babenhausen	Langenbrücker Weg 6 64832 Babenhausen  Tel.: 06073 602-920	April bis Oktober Do: 14-18 Uhr Sa: 9-14 Uhr  November bis März Do: 13:30-16 Uhr Sa: 9-14 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Darmstadt	Recyclinghof Darmstadt EAD-Gelände Sensfelderweg 33 64293 Darmstadt E-Mail: ead@darmstadt.de	Mo, Di, Do: 8-17 Uhr Mi: 13-18 Uhr Fr: 8-16 Uhr Sa: 9 bis 13 Uhr	<a href="https://ead.darmstadt.de/unser-angebot/gewerbebetriebe/abfallverwertung/recyclinghof/">https://ead.darmstadt.de/unser-angebot/gewerbebetriebe/abfallverwertung/recyclinghof/</a>
Eppertshausen	Babenhäuser Straße 4 64859 Eppertshausen	Fr: 11-12 Uhr	<a href="https://www.recyclinghofwertstoffhof.com/de/Darmstadt-Dieburg_Eppertshausen_Abfallarten.html">https://www.recyclinghofwertstoffhof.com/de/Darmstadt-Dieburg_Eppertshausen_Abfallarten.html</a>
Eppertshausen / Münster	Münster Deponiegelände zwischen Münster und Eppertshausen	Sa: 8-14 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Erzhausen	Hauptstr. 101 64390 Erzhausen	Mi: 14:30-18 Uhr Sa: 9-14 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Griesheim	Raiffeisenstraße 13 64347 Griesheim	März bis Oktober Mo-Fr: 10-12 Uhr und 13-16 Uhr Sa: 8-12 Uhr  November bis Februar Mo-Fr: 13-16 Uhr Sa: 8-12 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Groß-Umstadt / Semd	Dieburger Straße -Außerhalb (an der B 45) 64823 Groß-Umstadt/Semd	Dezember bis Februar Di-Fr: 8-12 Uhr und 13-16:30 Uhr  März bis November Di-Fr: 8-12 Uhr und 13-16:30 Uhr Sa: 8-13 Uhr	<a href="https://www.da-di-werk.de/index.php/wertstoffhof-semd">https://www.da-di-werk.de/index.php/wertstoffhof-semd</a>
Groß-Zimmern	Bauhof an der Kläranlage Dieburgerstr. 133 64846 Groß-Zimmern	Jeden 1. und 3. Sa: 8:30-12:30 Uhr Jeden 2. und 4. Mi: 8:30-12:30 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Messel	Dieburger Weg 16 (neuer Bahnhof) 64409 Messel	Mi: 16:30-18:30 Uhr Sa: 9-13 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>

		Genauere Termine sind der Internetseite zu entnehmen	
Modautal / Ernsthofen	Kläranlage an der L 3099 in Richtung Modau Ernsthofen	Sa: 9-13 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Nieder-Ramstadt	Nieder-Beerbacher Str. 13-17 64367 Mühlthal	Sa: 8-12 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Pfungstadt	Breitwieserweg 8 (Am Klärwerk) 64319 Pfungstadt  E-Mail: Betriebs-hof@pfungstadt.de Tel.: 06157 988-1520 oder 06157 988-1521	April bis Oktober Mo: 13:45-17:15 Uhr Mi: 13-15:30 Uhr Fr: 13-15:30 Uhr Sa: 8-12 Uhr  November bis März Mi: 13-15:30 Uhr Fr: 13-15 Uhr Sa: 9-12 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Radheim	Klein-Umstädter Straße 64850 Radheim	April bis November Sa: 9-13 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Roßdorf	Entsorgungsfachbetrieb Rene Korb Industriestraße 28 64380 Roßdorf	Mo-Fr: 8-16 Uhr Sa: 8-14 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Schaafheim	Industriegebiet Ost Eichenweg 64850 Schaafheim	Sa: 9-13 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>
Seeheim-Jugenheim	Breslauer Str. 16 64342 Seeheim-Jugenheim	Mo, Di: 7-16 Uhr Do: 11-16 Uhr Fr: 7-12 Uhr	<a href="https://www.recyclinghofwertstoffhof.de/Darmstadt-Dieburg_Seeheim-Jugenheim_Abfallarten.html">https://www.recyclinghofwertstoffhof.de/Darmstadt-Dieburg_Seeheim-Jugenheim_Abfallarten.html</a>
Weiterstadt	Vor den Löserbecken 3 64331 Weiterstadt  Tel.: 06150 12439	Mo-Mi: 13:30-16:30 Uhr Fr: 8-12:30 Uhr und 13:30-16:30 Uhr  März bis November Mi: 8-12:30 Uhr und 13:30-16:30 Uhr Sa: 8-14 Uhr	<a href="https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen">https://zaw-online.de/service/wertstoffhoefe/standorte-und-kontakt-daten-der-wertstoffsammelstellen</a>

### Anhang 3: Liste der Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)

Quelle: Anlage 1 Nr. 17 AVV

17 01	Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik
17 01 01	Beton
17 01 02	Ziegel
17 01 03	Fliesen und Keramik
17 01 06*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
17 01 07	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
17 02	Holz, Glas und Kunststoff
17 02 01	Holz
17 02 02	Glas
17 02 03	Kunststoff
17 02 04*	Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
17 03	Bitumengemische, Kohlenteeer und teerhaltige Produkte
17 03 01*	kohlenteeerhaltige Bitumengemische
17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen
17 03 03*	Kohlenteeer und teerhaltige Produkte
17 04	Metalle (einschließlich Legierungen)
17 04 01	Kupfer, Bronze, Messing
17 04 02	Aluminium
17 04 03	Blei
17 04 04	Zink
17 04 05	Eisen und Stahl
17 04 06	Zinn
17 04 07	gemischte Metalle
17 04 09*	Metallabfälle, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
17 04 10*	Kabel, die Öl, Kohlenteeer oder andere gefährliche Stoffe enthalten
17 04 11	Kabel mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 04 10 fallen
17 05	Boden (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten), Steine und Baggergut
17 05 03*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
17 05 05*	Baggergut, das gefährliche Stoffe enthält
17 05 06	Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 05 05 fällt
17 05 07*	Gleisschotter, der gefährliche Stoffe enthält
17 05 08	Gleisschotter mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 07 fällt
17 06	Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe
17 06 01*	Dämmmaterial, das Asbest enthält
17 06 03*	anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
17 06 04	Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt
17 06 05*	asbesthaltige Baustoffe
17 08	Baustoffe auf Gipsbasis
17 08 01*	Baustoffe auf Gipsbasis, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
17 08 02	Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 08 01 fallen
17 09	Sonstige Bau- und Abbruchabfälle
17 09 01*	Bau- und Abbruchabfälle, die Quecksilber enthalten
17 09 02*	Bau- und Abbruchabfälle, die PCB enthalten (z. B. PCB-haltige Dichtungsmassen, PCB-haltige Bodenbeläge auf Harzbasis, PCB-haltige Isolierverglasungen, PCB-haltige Kondensatoren)
17 09 03*	sonstige Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich gemischter Abfälle), die gefährliche Stoffe enthalten
17 09 04	gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen



## Anhang 4: Überblick über Schadstoffgruppen in Gebäuden

Quelle: Potrykus et al. 2021, S. 98-100

Schadstoff (-gruppe)	Potenzielle Vorkommen	Beispiele	Verbot	Häufigster Entsorgungsweg
Asbest	Schwachgebundene Asbestfasern (in Nachtspeicheröfen, Brandschutzplatten) Fest-gebundene Asbestfasern (Asbestzementplatten, Estrichbeläge)		Schrittweises Verbot ab 1969;  Deutschlandweites Verbot 1993;  Rechtsgrundlage Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)	Entsorgung als gefährlicher Abfall, Deponierung Wiederverwendung belasteter Teile ausgeschlossen (Elektrogeräte nach ElektroG zu entsorgen)
Holzschutzmittel	Holzbauteile im Außenbereich Konstruktionshölzer für tragende Teile Holzfenster und Außentüren aus Holz Dämm- und Schallschutzplatten	Lindan – Insektizid PCP - Fungizid DDT – Insektizid Carbolineum – Fungizid und Insektizid	Zwischen 1970er Jahren und 1990 schrittweises Verbot der unterschiedlichen Typen;  Rechtsgrundlage: GefStoffV	Verbrennung
Künstliche Mineralfasern (KMF)	Isoliermaterial (Dachisolierung, Rohrummantelung) Wärmedämmmaterial	Mineralwolle Glasfaser Keramikfaser Glasmikrofaser	Alte Mineralwolle (vor 1996 eingebaut): krebserzeugend/-verdächtig;  Endgültiges Herstellungs- und Verwendungsverbot alter Mineralwolle ab 2000;  Rechtsgrundlage: GefStoffV	Deponierung, Herstellung von Zuschlagsstoffen für Ziegelindustrie
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Dichtungsmassen Anstriche Kondensatoren Weichmacher in Kunststoffen und dauerelastischen Fugenmassen		Kondensatoren: Verbot in BRD 1984;  Für Bauteile: Verbot 1994;	Wiederverwendung belasteter Teile ausgeschlossen, Sonderabfallverbrennung
Schadstoff (-gruppe)	Potenzielle Vorkommen	Beispiele	Verbot	Häufigster Entsorgungsweg
	Korrosionsschutzanstriche, Flammschutzanstriche, Beschichtungen Kabelummantelungen Starterkondensatoren in Lampen für Leuchtstoffröhren		Rechtsgrundlage: EU-POP-Verordnung; PCBAbfallV	
Schwermetalle	Korrosionsschutz auf Metallen, z.B. Rohrleitungen, Kabel Anstriche, Rostschutzmittel Quecksilber: Leuchtstoffröhren	Blei Cadmium Chrom Kupfer Quecksilber	Kein allgemeines Verbot;  Verbote für Spezialanwendungen;  Quecksilber: Verbot 1992;  Rechtsgrundlage ChemVerbotsV	Je nach Typ Verbrennung, oberirdische oder Untertagedeponierung Elektrogeräte sind nach ElektroG zu entsorgen
PAK (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) - Teer	Dicht- und Isolierstoffe, zum Teil auch in Klebstoffen Schornsteine	Naphthalin Benzo[α]pyren	Verwendungsverbot PAK-haltiger Erzeugnisse ab 1984;  Zeitpunkt Verbot abhängig von PAK Produkt;  Ausnahmen für Spezialanwendungen heute noch möglich;  Rechtsgrundlage ChemVerbotsV	Je nach Typ Verbrennung, oberirdische oder Untertagedeponierung, Aufbereitung zu hydraulisch gebundenen Tragschichten
Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW)	Kühlergeräte, Kühlanlagen, Klimaanlage		Ab 1991 schrittweises Verbot in BRD;	Elektrogeräte sind nach ElektroG zu entsorgen Abtrennung und Zerstörung des FCKW und stoffliche

---

#### 4. Nutzflächenfaktoren: Abminderungsfaktoren zur Ermittlung der Wohnfläche aus der Geschossfläche

---

„Mit Hilfe des Wohn- und Nutzflächenfaktors kann aus der Geschossfläche nach § 20 der BauNVO die Wohn- und Nutzfläche ermittelt werden“ (Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte Berlin 2000).

Tab. Anhang 1: Nutzflächenfaktoren (Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte Berlin 2000)

Wohn- und Nutzflächenfaktoren			
Baujahr des Gebäudes	Bezeichnung	entspricht der Baualterklasse	Abminderungsfaktor der Geschossfläche
bis 1900	Altbauten	1	0,725
von 1900 bis 1918	Altbauten	2	0,736
von 1919 bis 1948	Zwischenkriegsbauten	3	0,754
von 1949 bis 1969	Neubauten	4 und 5	0,757
von 1970 bis 1979	Neubauten	6	0,774
ab 1980	Neubauten		0,828

## 5. Kennwerte des Flächenverbrauchs und Rechenbeispiele ausgewählter Bauteile

### 5.1. Grundlagen

Tab. Anhang 2: Leistung der nachfolgend verwendeten Quellen

ÖKOBAUDAT	Quelle
ÖBD-Dachziegel [1a]	ÖKOBAUDAT (2019): Prozess-Datensatz: Dachziegel. Online verfügbar unter <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=826fa2c2-c691-4844-83d3-aea0e8a54bcd&amp;version=20.19.120">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=826fa2c2-c691-4844-83d3-aea0e8a54bcd&amp;version=20.19.120</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Dachziegel [1b]	ÖKOBAUDAT (2017): Produktfluss-Datensatz: 1t Dachziegel inklusive Zubehör. Online verfügbar unter <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=34ea0754-771c-342b-f5e8-72304e54b442&amp;version=00.04.000">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=34ea0754-771c-342b-f5e8-72304e54b442&amp;version=00.04.000</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021
ÖBD-Mauerziegel [2a]	ÖKOBAUDAT (2015): Prozess-Datensatz: Mauerziegel. Online verfügbar unter <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=f98eea66-671c-4014-bfbb-2db1ffba8331">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=f98eea66-671c-4014-bfbb-2db1ffba8331</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Mauerziegel [2b]	ÖKOBAUDAT (2017): Produktfluss-Datensatz: 1 m <sup>3</sup> Mauerziegel. Online verfügbar unter <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=e08d6bc8-4d01-12a5-da9e-0a8eb0222be9&amp;version=00.03.000">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=e08d6bc8-4d01-12a5-da9e-0a8eb0222be9&amp;version=00.03.000</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Keramische Fliese [3a]	ÖKOBAUDAT (2016): Prozess-Datensatz: Keramische Fliesen und Platten. Online verfügbar unter <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a2b5b7c9-db13-4dbd-be23-b0ff9f0cbd98&amp;stock=OBD_2017_I&amp;lang=de">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a2b5b7c9-db13-4dbd-be23-b0ff9f0cbd98&amp;stock=OBD_2017_I&amp;lang=de</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Keramische Fliese [3b]	ÖKOBAUDAT (2017): Produktfluss-Datensatz: 1 m <sup>3</sup> durchschnittliche Fliese. <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=b30135e5-dce6-ab56-9864-3ac4600b61d9&amp;version=00.05.000">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=b30135e5-dce6-ab56-9864-3ac4600b61d9&amp;version=00.05.000</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Naturstein Aussen [4a]	ÖKOBAUDAT (2019): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, hart, Außenbereich. Online verfügbar unter <a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=da4b704a-c901-414f-943f-8e1ff0f4566c&amp;version=20.20.010&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=da4b704a-c901-414f-943f-8e1ff0f4566c&amp;version=20.20.010&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Naturstein Aussen [4b]	ÖKOBAUDAT (2015): Produktfluss-Datensatz: Natursteinplatte, hart, Fassade. Online verfügbar unter <a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=d024a0ea-718b-4ba3-94a8-88d92acbca61&amp;version=39.00.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=d024a0ea-718b-4ba3-94a8-88d92acbca61&amp;version=39.00.000</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Nadelholz [5b]	ÖKOBAUDAT (2017). Produktfluss-Datensatz: Nadelschnittholz – kammergetrocknet. Online verfügbar unter <a href="https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=e705b3e6-f258-4f52-9d8a-31a94aa89ba6&amp;version=00.01.004">https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=e705b3e6-f258-4f52-9d8a-31a94aa89ba6&amp;version=00.01.004</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Nadelholz [6b]	ÖKOBAUDAT (2020): Produktfluss-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet. Online verfügbar unter <a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=bf0d959b-eeb6-40a1-9504-66eafb54604b&amp;version=01.00.003">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=bf0d959b-eeb6-40a1-9504-66eafb54604b&amp;version=01.00.003</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Naturstein Fassade [7a]	ÖKOBAUDAT (2019): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, hart, Fassade. Online verfügbar unter <a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cb3f4a56-460c-4a3e-ae43-3e0a9dcb4319&amp;version=20.20.010&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cb3f4a56-460c-4a3e-ae43-3e0a9dcb4319&amp;version=20.20.010&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.
ÖBD-Naturstein Fassade [7b]	ÖKOBAUDAT (2015): Produktfluss-Datensatz: Natursteinplatte, hart, Fassade. Online verfügbar unter <a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=d024a0ea-718b-4ba3-94a8-88d92acbca61&amp;version=39.00.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/productFlow.xhtml?uuid=d024a0ea-718b-4ba3-94a8-88d92acbca61&amp;version=39.00.000</a> , zuletzt geprüft am 18.06.2021.

Tab. Anhang 3: Flächenverbrauch Materialien / Mineralien

Material / Mineral	Betrachtetes Material	Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]	Quelle
Ton	Bentonit	6,5	[1] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={8134CC95-DA9F-4670-BB70-BB2A0A04C6E4}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={8134CC95-DA9F-4670-BB70-BB2A0A04C6E4}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Feldspat	Barit (Schwerspat)	0,00000145	[2] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={F7253535-1063-4D12-AD87-6E844053993D}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={F7253535-1063-4D12-AD87-6E844053993D}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Kaolin	-	0,0000791	[3] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={491E1AF4-9249-409F-A10F-9EA4313D61E0}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={491E1AF4-9249-409F-A10F-9EA4313D61E0}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Kalkstein	-	0,0000319	[4] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={7D146B3C-EAAF-4EF4-B212-795CF9004CAD}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={7D146B3C-EAAF-4EF4-B212-795CF9004CAD}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Sand	Quarz/Quarzite	0,00201	[5] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9E9C7D4E-6240-4BF8-823A-D80C0F0C257B}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9E9C7D4E-6240-4BF8-823A-D80C0F0C257B}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Stein	Naturstein	0,0000469	[6] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={AC54A663-CE27-454A-93FB-E6A1DDE85413}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={AC54A663-CE27-454A-93FB-E6A1DDE85413}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Holz	Nadelholz	0,000000867	[7] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9C1A320E-F5A8-4D13-B15B-FEA7FBE25A7A}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={9C1A320E-F5A8-4D13-B15B-FEA7FBE25A7A}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.
Stahl	-	0,434	[8] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={19E7D6CB-2337-4ED1-A096-3DF3961DDA87}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={19E7D6CB-2337-4ED1-A096-3DF3961DDA87}</a> zuletzt aufgerufen am 24.06.2021
Glas	Flachglas	0,133	[9] UBA (Umweltbundesamt) (o. J.): Probas. Datensatz. Online verfügbar unter <a href="https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={47368082-B100-4FB4-9BA4-81C6331D6904}">https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={47368082-B100-4FB4-9BA4-81C6331D6904}</a> , zuletzt geprüft am 24.06.2021.

## 5.2. Beispiele

Tab. Anhang 4: Beispiel Dachziegel

Bauteil: Dachziegel		Referenz
Anmerkung	1350 Dachziegel (9 Ziegel/m <sup>2</sup> )	
Mineralien: Ton (Bentonit)	"Als Rohstoff dient vorrangig Ton."	ÖBD-Dachziegel [1a]
Fläche [m <sup>2</sup> ]	150	
Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	45	ÖBD-Dachziegel [1b]
Masse [kg]	6750	
Masse [t]	6,75	
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]		
je t Ton (Bentonit)	6,5	ProBas-Bentonit [1]
<b>je 1350 Dachziegel (Ton)</b>	<b>43,875</b>	
<b>Je 1 Dachziegel (Ton)</b>	<b>0,0325</b>	

Tab. Anhang 5: Beispiel Mauerziegel

Bauteil: Mauerziegel		Referenz
Anmerkung	85 m <sup>3</sup>	
Mineralien: Ton (Bentonit)	"Mauerziegel sind Bauprodukte aus gebranntem Ton."	ÖBD-Mauerziegel [2a]
Volumen [m <sup>3</sup> ]	85	
Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	575	ÖBD-Mauerziegel [2b]
Masse [kg]	48875	
Masse [t]	48,875	
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]		
je t Ton (Bentonit)	6,5	
<b>je 85 m<sup>3</sup> Mauerziegeln (Ton)</b>	<b>317,6875</b>	ProBas-Bentonit [1]
<b>je 1 m<sup>3</sup> Mauerziegeln (Ton)</b>	<b>3,7375</b>	

Tab. Anhang 6: Beispiel keramische Bodenfliesen

<b>Bauteil: keramische Bodenfliesen</b>		<b>Referenz</b>			
Anmerkung	160 m <sup>2</sup>	ÖBD-keramische Fliesen [3a]			
<b>Mineralien:</b>					
Ton [%]	50				
Feldspat [%]	25				
Kaolin [%]	7				
Kaltstein [%]	3				
(Quarz-)Sand [%]	3				
Fläche [m <sup>2</sup> ]	160				
Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	18,65			ÖBD-keramische Fliesen [3b]	
Masse [kg]	2984				
Masse [t]	2,984				
<b>Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>]</b>		<b>Referenz</b>			
<b>Mineralien:</b>		<b>je t keramische Fliese</b>			
je t Ton (Bentonit)	6,5	Ton [50 %]	3,25	ProBas-Bentonit [1]	
je t Feldspat (Schwerspat)	0,00000145	Feldspat [25 %]	3,625E-07	ProBas-Barit(Schwerspat) [2]	
je t Kaolin	0,0000791	Kaolin [7 %]	0,000005537	ProBas-Kaolin [3]	
je t Kalkstein	0,00000319	Kalkstein [3 %]	9,57E-08	ProBas-Kalkstein [4]	
je t Quarz/Quarzite	0,00201	(Quarz-)Sand [3 %]	0,0000603	ProBas-Quarz/Quarzite [5]	
<b>je 160 m<sup>2</sup> keramische Bodenfliesen</b>	<b>9,698197825</b>	Summe	3,250066295		
<b>je 1 m<sup>2</sup> keramische Bodenfliesen</b>	<b>0,060613736</b>				

Tab. Anhang 7: Beispiel keramische Wandfliesen

Bauteil: keramische Wandfliesen		Referenz	
Anmerkung	25 m <sup>2</sup>		
Mineralien:		ÖBD-keramische Fliesen [3a]	
Ton [%]	50		
Feldspat [%]	25		
Kaolin [%]	7		
Kaltstein [%]	3		
(Quarz-)Sand [%]	3		
Fläche [m <sup>2</sup> ]	25		
Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	18,65	ÖBD-keramische Fliesen [3b]	
Masse [kg]	466,25		
Masse [t]	0,46625		
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]		Referenz	
Mineralien:		je t keramische Fliese	
je t Ton (Bentonit)	6,5	Ton [50 %]	3,25
je t Feldspat (Schwerspat)	0,00000145	Feldspat [25 %]	3,625E-07
je t Kaolin	0,0000791	Kaolin [7 %]	0,000005537
je t Kalkstein	0,00000319	Kalkstein [3 %]	9,57E-08
je t Quaz/Quarzite	0,00201	(Quarz-)Sand [3 %]	0,0000603
<b>je 25 m<sup>2</sup> keramische Wandfliesen</b>	<b>1,51534341</b>	Summe	3,250066295
<b>je 1 m<sup>2</sup> keramische Wandfliesen</b>	<b>0,060613736</b>		

Tab. Anhang 8: Beispiel Badewanne (Keramik)

Bauteil: Badewanne (Keramik)		Referenz	
Anmerkung	2x je 250 kg; produktspezifisch	NEXTREND - GmbH 2024	
Mineralien:		Götze und Göbbels 2017, S. 88	
Kaolin [%]	50		
Quarz [%]	25		
Feldspat [%]	25		
Masse [kg]	500		
Masse [t]	0,5		
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]			Referenz
Mineralien:		je t keramische Fliese	
je t Kaolin	0,0000791	Kaolin [50 %]	0,00003955
je t Quarz	0,00201	Quarz [25 %]	0,0005025
je t Feldspat (Schwerspat)	0,00000145	Feldspat [25%]	3,625E-07
<b>je 2 Badewannen (Keramik)</b>	<b>0,000271206</b>	Summe	0,000542413
<b>je 1 Badewannen (Keramik)</b>	<b>0,000135603</b>		



Tab. Anhang 9: Beispiel Duschwanne (Keramik)

Bauteil: Duschwanne (Keramik)		Referenz		
Anmerkung	2x je 43 kg (43kg/m <sup>2</sup> )	Hardys GmbH & Co. KG o. J.		
Mineralien:		Götze und Göbbels 2017, S. 88		
Kaolin [%]	50			
Quarz [%]	25			
Feldspat [%]	25			
Masse [kg]	86			
Masse [t]	0,086			
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]			Referenz	
Mineralien:		je t keramische Fliese		
je t Kaolin	0,0000791	Kaolin [50 %]	0,00003955	ProBas-Kaolin [3]
je t Quarz	0,00201	Quarz [25 %]	0,0005025	ProBas-Quarz/Quarite [5]
je t Feldspat (Schwerspat)	0,00000145	Feldspat [25%]	3,625E-07	ProBas-Barit(Schwerspat) [2]
<b>je 2 Duschwannen (Keramik)</b>	<b>4,66475E-05</b>	Summe	0,000542413	
<b>je 1 Duschwannen (Keramik)</b>	<b>2,33237E-05</b>			

Tab. Anhang 10: Beispiel Waschbecken (Keramik)

Bauteil: Waschbecken (Keramik)		Referenz	
Anmerkung	4x je 15,7 kg	Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.	
Mineralien:		Götze und Göbbels 2017, S. 88	
Kaolin [%]	50		
Quarz [%]	25		
Feldspat [%]	25		
Masse [kg]	62,8		
Masse [t]	0,0628		
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]		Referenz	
Mineralien:		je t keramische Fliese	
je t Kaolin	0,0000791	Ton [50 %]	0,00003955
je t Quarz	0,00201	Quarz [25 %]	0,0005025
je t Feldspat (Schwerspat)	0,00000145	Feldspat [25%]	3,625E-07
<b>je 4 Waschbecken (Keramik)</b>	<b>3,40635E-05</b>	Summe	0,000542413
<b>je 1 Waschbecken (Keramik)</b>	<b>8,51588E-06</b>		

Tab. Anhang 11: Beispiel Bodenbelag (außen, Stein)

Bauteil: Bodenbelag (außen, Stein)		Referenz	
Anmerkung	10 m <sup>2</sup> (Höhe/Dicke = 8 cm)	ÖBD-NatursteinAussen [4a]	
Mineralien: Naturstein	Natursteinplatte, hart, Außenbereich (Dicke 0,08 m)	ÖBD-NatursteinAussen [4a]	
Fläche [m <sup>2</sup> ]	10		
Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	208	ÖBD-NatursteinAussen [4b]	
Masse [kg]	2080		
Masse [t]	2,08		
Flächenverbrauch [m <sup>2</sup> ]			
je t Naturstein	0,0000469	ProBas-Naturstein [6]	
<b>je 10 m<sup>2</sup> Bodenbelag (außen, Stein)</b>	<b>0,097552</b>		
<b>je 1 m<sup>2</sup> Bodenbelag (außen, Stein)</b>	<b>0,0097552</b>		

Tab. Anhang 12: Beispiel Treppengeländer (Holz)

Bauteil: Treppengeländer (Holz)		Referenz
Anmerkung	4 x je 10,6 kg	Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.
Material:	Nadelholz	
Masse [kg]	42,4	
Masse [t]	0,0424	
<b>Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>]</b>		
je t (Nadel-)Holz	0,000000867	ProBas-Nadelholz [7]
<b>je 4 Treppengeländer (Holz)</b>	<b>3,67608E-08</b>	
<b>je 1 Treppengeländer (Holz)</b>	<b>9,1902E-09</b>	

Tab. Anhang 13: Beispiel Tür (Holz)

Bauteil: Tür (Holz)		Referenz
Anmerkung:	20 x je 33,9 kg; Standardtür	Neuffer Fenster + Türen GmbH o. J.
Material:	Nadelholz	Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.
Höhe [m]	2,047	
Breite [m]	0,977	
Tiefe [m]	0,035	
Volumen [m <sup>3</sup> ]	1,3999433	
Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	484,51	ÖBD-Nadelholz [5b]
Masse [kg]	678,2865283	
Masse [t]	0,678286528	
<b>Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>]</b>		
je t (Nadel-)Holz	0,000000867	ProBas-Nadelholz [7]
<b>je 20 Türen (Holz)</b>	<b>5,88074E-07</b>	
<b>je 1 Türen (Holz)</b>	<b>2,94037E-08</b>	

Tab. Anhang 14: Beispiel Heizkörper (Stahl)

Bauteil: Heizkörper (Stahl)		Referenz
Anmerkung	15 x je 42,4 kg	Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.
Material:	Stahl	
Masse [kg]	636	
Masse [t]	0,636	
<b>Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>]</b>		
je t Stahl	0,434	
<b>je 15 Heizkörper (Stahl) 0,276024</b>		ProBas-Stahl [8]
<b>je 1 Heizkörper (Stahl) 0,0184016</b>		

Tab. Anhang 15: Beispiel Fenster (Holzrahmen)

Bauteil: Holzfenster		Referenz
Anmerkung	20 x Holzfenster (Rahmen+Glas)	Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.
<b>Materialien nach Komponenten:</b>		
<b>Holz (Rahmen) [m<sup>3</sup>]</b>	0,489328	
Länge [m]	4,76	
Breite [m]	0,1285	
Tiefe [m]	0,04	
Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	484,51	ÖBD-Nadelholz [5b]
Masse [kg]	237,0843093	ÖBD-Nadelholz [6b]
Masse [t]	0,237084309	
<b>Glas [m<sup>2</sup>]</b>	45,2	
Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	20,13	
Masse [kg]	909,876	ProBas-Nadelholz [7]
Masse [t]	0,909876	
<b>Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>]</b>		ProBas-Flachglas [9]
je t (Nadel-)Holz	0,000000867	
<b>je 20 Fensterrahmen (Holz) 2,05552E-07</b>		
je t (Flach-)Glas	0,133	
<b>je 20 2-Verglasungen 0,121013508</b>		
<b>je 20 Holzfenster 0,121013714</b>		
<b>je 1 Holzfenster 0,006050686</b>		

Tab. Anhang 16: Beispiel Fensterbank (Naturstein)

<b>Bauteil: Fensterbank (Naturstein)</b>		<b>Referenz</b>
Anmerkung	20 x je 0,71 m <sup>2</sup>	Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.
Mineralien: Naturstein	Natursteinplatte, hart, Fassade (Dicke 0,03 m)	ÖBD-NatursteinFassade [7a]
Fläche [m <sup>2</sup> ]	14,2	
Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	78	ÖBD-NatursteinFassade [7b]
Masse [kg]	1107,6	
Masse [t]	1,1076	
<b>Flächenverbrauch [m<sup>2</sup>]</b>		
je t Naturstein	0,0000469	ProBas-Naturstein [6]
<b>je 20 Fensterbänke (Naturstein)</b>	<b>5,19464E-05</b>	
<b>je 1 Fensterbänke (Naturstein)</b>	<b>2,59732E-06</b>	

---

## 6. Datenblätter wiederverwendbarer Bauteile

---

Dieser Anhang ist wie folgt gegliedert:

### 2.1 Exakte / bauteilspezifische Datensatz-Zuordnung

- 1a. RT/Haustür (Aluminium)
- 1c. PVC-Fensterrahmen
- 3a. Holz-Flügelrahmen
- 3b. PVC-Flügelrahmen
- 3c. Aluminium-Flügelrahmen
- 4a. Einfach-Fensterverglasung
- 4b. Zweifach-Fensterverglasung
- 4c. Dreifach-Fensterverglasung
- 6a. RT/Fenstergriff (Polyamid)
- 7a. RT/Waschbecken (Sanitärkeramik)
- 7d. RT/Waschbecken (Acryl)
- 8a. RT/(Platten-/Röhren-)Heizkörper (Stahl)
- 9a/10a. Boden-/Wandfliesen (Steinzeugfliesen, glasiert)
- 9b/10b. Boden-/Wandfliesen (keramische Fliesen)
- 11a. Dachziegel
- 15b. RT/Badewanne (Acryl)
- 15b. RT/Duschwanne (Acryl)
- 16a. Fensterbeschläge (Doppelflügel Fenster) (Alu)
- 16b. Fensterbeschläge für Drehkippenfenster (Aluminium)
- 16c. Fensterbeschläge (Stahl)
- 18. Vormauerziegel
- 19a. Fensterbank (Granit)
- 19c. Fensterbank (Kalksandstein)
- 19d. Gewände (Sandstein)
- 20. Ziegelstein (Mauerziegel)
- 23a. Holzbalken (Vollholz)
- 23b. Holzbalken (Konstruktionsvollholz)
- 27a. Betonpflastersteine
- 29a. Fassadenklinker
- 29b. Mauerziegel
- 30a. RT/Fensterbank (Marmor)
- 30b. RT/Fensterbank (Kunststein)
- 30c. Fensterbank (Schiefer)
- 32a. Vollholz
- 32b. Brettschichtholz (Holzbau, Träger)
- 32c. Konstruktionsvollholz

### 2.2 Konkret / Materialspezifisch konkrete Datensatz-Zuordnung

- 1b. RT/Haustür (Holz)
- 2a. RT/Zimmertür (Holz)
- 2b. RT/Zimmertür (Spanplatte)
- 2c. RT/Zimmertür (Röhrenspanplatte)

- 
- 5a. RT/Geländer (Holz)
  - 12. Dachkonstruktionsholz
  - 13a. RT/Zaun (Holz)
  - 13b. RT/Gartentor (Holz)
  - 17a. RT/Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz)
  - 21a. RT/Holztreppe
  - 26. Parkett
  - 30d. RT/Fensterbank (Holz)
  - 33a. RT/Handläufer (Holz)
  - 33b. RT/Stakete (Holz)
  - 34. Holzplatte

### **2.3 Assoziativ / Materialspezifisch assoziative Datensatz-Zuordnung**

- 5b. RT/Geländer (Stahl)
- 6b. RT/Fenstergriff (Messing)
- 7b. RT/Waschbecken (Grauguss)
- 7c. RT/Waschbecken (Terrazzo)
- 8b. RT/Heizkörper (Grauguss)
- 9c. Terrazzo-Fliesen
- 11b. Naturschiefereindeckung
- 13c. RT/Zaun (Stahl)
- 13d. RT/Gartentor (Stahl)
- 14a. RT/Türdrückergarnitur (Messing)
- 14b. RT/Türbandbeschlag (Messing)
- 15a. RT/Badewannen (Stahl)
- 15'a. RT/Duschwannen (Stahl)
- 15c. RT/Badewannen (Grauguss)
- 15'c. RT/Duschwannen (Grauguss) Gewicht anzupassen
- 16d. RT/Fensterfunktionsbeschläge (Messing)
- 17b. RT/Heizkörperverkleidung (Stahl)
- 19b. Fensterbank (Aluminium)
- 21b. Metalltreppe (Stahl)
- 22. Sandsteinstufe
- 24. Fallrohr (Aluminium)
- 25. Dachrinne (Aluminium)
- 27b. Kopfsteinpflaster (Granit)
- 27c. Pflastersteine (Sandstein)
- 28. Garagenschwingtor (Stahl)
- 31a. Stahlträger
- 31b. Stahlstütze

## 6.1. Exakte / Bauteilspezifische Datensatz-Zuordnung

Die bauteilspezifische bzw. exakte Zuordnung ist möglich, insofern für ein konkretes Bauteil auf einen entsprechenden Datensatz der Online-Plattform ÖBD zugegriffen werden kann.

### 6.1.1. 1a. RT/Haustür (Aluminium)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

Ausgewählter Datensatz:

- Tür - Hörmann KG Eckelhausen – Haustür [1]

Begründung Datensatzwahl [1]:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung des Bauteils ist mittels der vorliegenden Datensätze möglich, da eine überwiegende und technisch mögliche Substitution gleicher oder ähnlicher Funktion besteht.
- „Dieser Datensatz repräsentiert die Situation des Unternehmens Hörmann KG Eckelhausen in 66625 Nohfelden, im Hinblick auf die wichtigsten Technologien und die gesetzlichen Rahmenbedingungen“ [1] und ist somit herstellerepezifisch.

### Substitution

Tab. Anhang 17: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Haustür (Aluminium) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Haustür aus Aluminium der Fläche A substituiert eine neue Haustür mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Haustür (Aluminium, d = 5,5 cm)  1 Standardhaustür (Aluminium, d = 5,5 cm, b <sub>st</sub> = 97,7 cm, h <sub>st</sub> = 204,7 cm)  1 Durchschnittshaustür (Aluminium, d = 5,5 cm, b <sub>Ø</sub> = 106,6 cm, h <sub>Ø</sub> = 213,1 cm)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 47,0 kg/m <sup>2</sup>	

### Annahmen

- Zu substituierende Haustüren werden aus Aluminium hergestellt.
- Eine Haustür aus Aluminium der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend eine Haustür gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Aluminium-Haustüren bestimmt.
- Als Standardtürbreite wird (der Mittelwert aus herstellerepezifischen Dicken gewählt.
- Die Fläche  $A_\phi$  des Durchschnittstypen ergibt sich aus den Vorgaben der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung einzelner Bauteile aus dem Projekt.



## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Tür - Hörmann KG Eckelhausen – Haustür - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Haustür (Aluminium, d=5,5cm)‘, ‚1 Standardhaustür (Aluminium, d = 5,5 cm, b<sub>st</sub> = 97,7 cm, h<sub>st</sub> = 204,7 cm)‘ und ‚1 Durchschnittshaustür (Aluminium, d=5,5cm, b<sub>ø</sub> = 106,6 cm, h<sub>ø</sub> = 213,1 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 18).

Tab. Anhang 18: GWP von Haustüren (Aluminium) und Aluminiumplatte

	Bestimmung	ÖBD [1]
<b>Bauteilsubstitution</b>	- Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Haustür (Aluminium, d = 5,5 cm)	163,4 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Standardhaustür (Aluminium, d = 5,5 cm, b <sub>st</sub> = 97,7 cm, h <sub>st</sub> = 204,7 cm)	326,8 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittshaustür (Aluminium, d = 5,5 cm, b <sub>ø</sub> = 106,6 cm, h <sub>ø</sub> = 213,1 cm)	370,918 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Für eine Standardtür wird die Dicke d mit 5,5 cm aus Mittelwertbildung der herstellungsspezifischen Dicken d<sub>1</sub> = 4,6 cm und d<sub>2</sub> = 6,4cm gewählt (Hörmann KG Verkaufsgesellschaft o. J.).

Der ÖBD-Datensatz gibt 163,4 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Aluminium-Haustür an. Dies entspricht 326,8 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Standardtür mit Fläche A<sub>st</sub> = 2 m<sup>2</sup> und 370,918 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Durchschnittstür mit Fläche A<sub>ø</sub> = 2,27 m<sup>2</sup>.

### Ergebnis:

- Mit der überwiegenden Substitution einer Haustür aus Aluminium der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 163,4 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 10,68 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.
- Mit der überwiegenden Substitution einer Standardhaustür aus Aluminium der Breite b<sub>st</sub> = 97,7 cm und Höhe h<sub>st</sub> = 204,7 cm bzw. der Fläche A<sub>st</sub> = 2 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 326,8 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.
- Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Haustür aus Aluminium der Breite b<sub>ø</sub> = 106,6 cm und Höhe h<sub>ø</sub> = 213,1 cm bzw. der Fläche A<sub>ø</sub> = 2,27 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 370,918 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

- [1] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Tür - Hörmann KG Eckelhausen – Haustür. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4d22a515-cfcc-4bcb-bbf9-a6e647bed9ab&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4d22a515-cfcc-4bcb-bbf9-a6e647bed9ab&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.2. 1c. PVC-Fensterrahmen

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Ausgewählter Datensatz:

- Flügelrahmen PVC-U [3]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [3]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [3]

### Substitution

Tab. Anhang 19: Beschreibung der Bauteilsubstitution – PVC-Fensterrahmen mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter PVC-Fensterrahmen der Länge l substituiert einen neuen PVC-Fensterrahmen mit vergleichbarer Funktion.	Der PVC-Fensterrahmen entspricht einer Bauteilkomponente einer substituierenden Innentür.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m PVC-Fensterrahmen	1 m PVC-Fensterrahmen
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Längengewicht: 3,1 kg/m	Längengewicht: 3,1 kg/m

### Annahmen

- 1 m PVC-Fensterrahmen substituieren überwiegend 1 m PVC-Fensterrahmen gleicher bzw. ähnlicher Funktion
- Ein PVC-Fensterrahmen bildet den Rahmen einer PVC-Fenstertür bzw. ein Fenster mit Türmaßen.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von PVC-Fensterrahmen bestimmt.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Flügelrahmen PVC-U (m) - 1.0 \* 1.0 m (Länge)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m PVC-Fensterrahmen‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 20).

Tab. Anhang 20: GWP von PVC-Fensterrahmen

Bestimmung	ÖBD [3]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE* (m)
1 m PVC-Fensterrahmen	9,242 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines PVC-Fensterrahmen der Länge l = 1 m können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 9,242 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[3] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Flügelrahmen PVC-U. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=91ea177a-e65a-4fe2-ac2d-2f378a03e168&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=91ea177a-e65a-4fe2-ac2d-2f378a03e168&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.3. 3a. Holz-Flügelrahmen**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Holz-Flügelrahmen [4]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [4]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [4]

## Substitution

Tab. Anhang 21: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Holz-Flügelrahmen mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Holz-Flügelrahmen der Länge l substituiert einen neuen Holz-Flügelrahmen mit vergleichbarer Funktion.	Der Holz-Fensterrahmen entspricht einer Bauteilkomponente eines substituierenden Innenfensters.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Holz-Flügelrahmen	1 m Holz-Flügelrahmen
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Längengewicht: 2,11 kg/m	Längengewicht: 2,11 kg/m

## Annahmen

- 1 m Holz-Flügelrahmen substituieren überwiegend 1 m Holz-Flügelrahmen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Holz-Flügelrahmen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Flügelrahmen - 1.0 \* 1.0 m (Länge)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Holz-Flügelrahmen‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 22).

Tab. Anhang 22: GWP von Holz-Flügelrahmen

Bestimmung	ÖBD [4]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m)
<b>1 m Holz-Flügelrahmen</b>	0,006 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines Holz-Flügelrahmens der Länge l = 1 m können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,006 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[4] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Holz-Flügelrahmen. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=318f08e0-1b04-49eb-ab16-531482cd75da&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=318f08e0-1b04-49eb-ab16-531482cd75da&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### 6.1.4. 3b. PVC-Flügelrahmen

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

##### Datensatz:

- PVC- Flügelrahmen [3]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [3]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [3]

#### **Substitution**

Tab. Anhang 23: Beschreibung der Bauteilsubstitution – PVC-Flügelrahmen mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter PVC-Flügelrahmen der Länge l substituiert einen neuen PVC-Flügelrahmen mit vergleichbarer Funktion.	Der PVC-Fensterrahmen entspricht einer Bauteilkomponente eines substituierenden Innenfensters.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m PVC-Flügelrahmen	1 m PVC-Flügelrahmen
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Längengewicht: 3,1 kg/m	Längengewicht: 3,1 kg/m

#### **Annahmen**

- 1 m PVC-Flügelrahmen substituieren überwiegend 1 m PVC-Flügelrahmen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von PVC-Flügelrahmen bestimmt.

#### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Flügelrahmen PVC-U (m) - 1.0 \* 1.0 m (Länge)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m PVC-Flügelrahmen‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 24).

Tab. Anhang 24: GWP von PVC-Flügelrahmen

Bestimmung	ÖBD [3]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE* (m)
1 m PVC-Flügelrahmen	9,242 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines PVC-Flügelrahmens der Länge  $l = 1$  m können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 9,242 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[3] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Flügelrahmen PVC-U. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=91ea177a-e65a-4fe2-ac2d-2f378a03e168&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=91ea177a-e65a-4fe2-ac2d-2f378a03e168&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.5. 3c. Aluminium-Flügelrahmen**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Aluminium-Flügelrahmenprofil, pulverbeschichtet [5]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [5]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [5]

## Substitution

Tab. Anhang 25: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Aluminium-Flügelrahmen mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Aluminium-Flügelrahmen der Länge l substituiert einen neuen Aluminium-Flügelrahmen mit vergleichbarer Funktion.	Der Aluminium-Fensterrahmen entspricht einer Bauteilkomponente eines substituierenden Innenfensters.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Aluminium-Flügelrahmen	1 m Aluminium-Flügelrahmen
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Längengewicht: 0,98 kg/m	Längengewicht: 0,98 kg/m

## Annahmen

- 1 m Aluminium-Flügelrahmen substituieren überwiegend 1 m Aluminium-Flügelrahmen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Aluminium-Flügelrahmen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Aluminium-Flügelrahmenprofil, pulverbeschichtet (m) - 1.0 \* 1.0 m (Länge)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Aluminium-Flügelrahmen‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 26).

Tab. Anhang 26: GWP von Aluminium-Flügelrahmen

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [5]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m)
<b>1 m Aluminium-Flügelrahmen</b>	12,54 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugsseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines Aluminium-Flügelrahmens der Länge l = 1 m können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 12,54 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

- [5] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Aluminium-Flügelrahmenprofil, pulverbeschichtet. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=66990642-726e-4483-abc3-d5d0b4d7a5e7&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=66990642-726e-4483-abc3-d5d0b4d7a5e7&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021-

### 6.1.6. 4a. Einfach-Fensterverglasung

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Fensterglas einfach [6]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [6]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [6]

## Substitution

Tab. Anhang 27: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Einfach-Fensterverglasung mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Einfach-Fensterverglasung der Fläche A substituiert eine neue Einfach-Fensterverglasung mit vergleichbarer Funktion.	Die Einfach-Fensterverglasung entspricht einer Bauteilkomponente eines substituierenden Innenfensters.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung	1 m <sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 10 kg/m <sup>2</sup>	Flächengewicht $\rho_A$ : 10 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Einfach-Verglasungen bestimmt.



## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Fensterglas einfach (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 28).

Tab. Anhang 28: GWP von Einfach-Fensterverglasungen

Bestimmung	ÖBD [6]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE* (m <sup>2</sup> )
1 m <sup>2</sup> Einfach-Fensterverglasung	13,33 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution einer Einfach-Fensterverglasung der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 13,33 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[6] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Fensterglas einfach. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=1490b480-2c36-43f2-ba8b-4ea49948f7c3&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=1490b480-2c36-43f2-ba8b-4ea49948f7c3&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.7. 4b. Zweifach-Fensterverglasung

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Isolierglas 2-Scheiben [7]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [7]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [7]

## Substitution

Tab. Anhang 29: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Zweifach-Fensterverglasung mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Zweifach-Fensterverglasung der Fläche A substituiert eine neue Zweifach-Fensterverglasung mit vergleichbarer Funktion.	Die Zweifach-Fensterverglasung entspricht einer Bauteilkomponente eines substituierenden Innenfensters.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung	1 m <sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 20,5 kg/m <sup>2</sup>	Flächengewicht $\rho_A$ : 20,5 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Zweifach-Verglasungen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Isolierglasverbund - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 30).

Tab. Anhang 30: GWP von Zweifach-Fensterverglasungen

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [7]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>2</sup> )
<b>1 m<sup>2</sup> Zweifach-Fensterverglasung</b>	36,99 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution einer Zweifach-Fensterverglasung der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 36,99 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[7] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Isolierglas 2-Scheiben. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKObAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d941f45e-1244-419c-a083-e4a49fb5498e&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKObAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d941f45e-1244-419c-a083-e4a49fb5498e&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.8. 4c. Dreifach-Fensterverglasung

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliervlas 3-fach Aufbau [8]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Dieser Datensatz repräsentiert die Situation der Mitgliedsfirmen des Bundesverbands Flachglas e.V., im Hinblick auf die wichtigsten Technologien und die gesetzlichen Rahmenbedingungen“ [8] und ist somit verbandsspezifisch.

#### **Substitution**

Tab. Anhang 31: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Dreifach-Fensterverglasung mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Dreifach-Fensterverglasung der Fläche A substituiert eine neue Dreifach-Fensterverglasung mit vergleichbarer Funktion.	Die Dreifach-Fensterverglasung entspricht einer Bauteilkomponente eines substituierenden Innenfensters.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasung	1 m <sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasung
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 30,15 kg/m <sup>2</sup>	Flächengewicht $\rho_A$ : 30,15 kg/m <sup>2</sup>

#### **Annahmen**

- 1 m<sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasung substituieren 1 m<sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasungen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Dreifach-Verglasungen bestimmt.

#### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliervlas 3-fach Aufbau - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasung‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 32).

Tab. Anhang 32: GWP von Dreifach-Fensterverglasungen

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [8]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>2</sup> )
<b>1 m<sup>2</sup> Dreifach-Fensterverglasung</b>	40,36 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution einer Dreifach-Fensterverglasung der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 40,36 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[8] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliertes 3-fach Aufbau. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=353f77b3-e4cf-4f57-96d6-36eb34b567ff&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=353f77b3-e4cf-4f57-96d6-36eb34b567ff&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.9. 6a. RT/Fenstergriff (Polyamid)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Fenstergriff [9]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [9]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [9]

## Substitution

Tab. Anhang 33: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fenstergriff (PA) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Fenstergriff aus Polyamid der Masse m substituiert einen neuen Fenstergriff mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 Fenstergriff (PA, m = 0,1 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Ein Fenstergriff aus Polyamid der Masse m substituiert überwiegend Fenstergriffe gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fenstergriffen aus Polyamid bestimmt.
- Der Durchschnittstyp wird der Datensatz-Information entnommen und hat die Masse m = 0,1 kg.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Fenstergriff - 1.0 \* 1.0 pcs. (Anzahl)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 Fenstergriff (PA, m = 0,1 kg)‘ bestimmt (vgl.

Tab. Anhang 34).

Tab. Anhang 34: GWP von Fenstergriffen (PA)

Bestimmung	ÖBD [9]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 Fenstergriff (PA, m = 0,1 kg)</b>	0,957 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution eines Fenstergriffes aus Polyamid der Masse m = 0,1 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,957 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[9] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Fenstergriff. Online verfügbar unter [https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38ddefe2-e01c-4ece-9952-a353b7dfb246&version=20.19.120&stock=OBD\\_2021\\_II&lang=de](https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38ddefe2-e01c-4ece-9952-a353b7dfb246&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de), zuletzt geprüft am 10.07.2021.

### 6.1.10. 7a. RT/Waschbecken (Sanitärkeramik)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Sanitärkeramik [9]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [9]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [9]

#### **Substitution**

Tab. Anhang 35: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Waschbecken (Sanitärkeramik) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Waschbecken aus Sanitärkeramik der Masse m substituiert ein neues Waschbecken mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Waschbecken (Sanitärkeramik) 1 Durchschnittswaschbecken (Sanitärkeramik, m = 15,7kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

#### **Annahmen**

- Zu substituierende Waschbecken sind aus Sanitärkeramik hergestellt.
- Ein Waschbecken aus Sanitärkeramik der Masse m substituiert überwiegend Waschbecken gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Waschbecken aus Sanitärkeramik bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

#### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Sanitärkeramik - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Waschbecken (Sanitärkeramik)‘ und ‚1 Durchschnittswaschbecken (Sanitärkeramik, m = 15,7 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 36).

Tab. Anhang 36: GWP von Waschbecken (Sanitärkeramik)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [9]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Waschbecken (Sanitärkeramik)</b>	2,803 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittswaschbecken (Sanitärkeramik, m = 15,7 kg)</b>	44,007 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg eines Waschbeckens aus Sanitärkeramik können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 2,803 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Waschbeckens aus Sanitärkeramik der Masse  $m = 15,7$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 44,007 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[9] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Sanitärkeramik. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cace7e48-3fb4-4e11-8cc4-fcfc8b4116a&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cace7e48-3fb4-4e11-8cc4-fcfc8b4116a&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.11. 7d. RT/Waschbecken (Acryl)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Bade- und Duschwanne Acryl [2]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [2]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [2]

## Substitution

Tab. Anhang 37: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Waschbecken (Acryl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Waschbecken aus Acryl der Masse m substituiert ein neues Waschbecken mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Waschbecken (Acryl) 1 Durchschnittswaschbecken (Acryl, m = 14,7 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Zu substituierende Waschbecken sind aus Acryl hergestellt.
- Ein Waschbecken aus Acryl der Masse m substituiert überwiegend Waschbecken gleicher bzw. ähnlicher Funktion
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Waschbecken aus Acryl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat produktspezifisch die Masse  $m = 14,7$  kg.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Bade- und Duschwanne Acryl - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Waschbecken (Acryl)‘ und ‚1 Durchschnittswaschbecken (Acryl, m = 14,7 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 38).

Tab. Anhang 38: GWP von Waschbecken (Acryl)

Bestimmung	ÖBD [2]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Waschbecken (Acryl)</b>	4,215 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittswaschbecken (Acryl, m = 14,7 kg)</b>	61,961 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der Durchschnittstyp hat die produktspezifische Masse  $m = 14,7$  kg, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert (OBI 2021).

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg eines Waschbeckens aus Acryl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 4,215 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.



Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Waschbeckens aus Acryl der Masse  $m = 14,7$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 61,961 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[2] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Bade- und Duschwanne Acryl. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.03.2021.

#### 6.1.12. 8a. RT/(Platten-/Röhren-)Heizkörper (Stahl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

##### Datensatz:

- Heizkörper [10]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [10]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [10]

#### Substitution

Tab. Anhang 39: Beschreibung der Bauteilsubstitution – (Röhren-/Platten-)Heizkörper (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Heizkörper aus Stahl der Masse $m$ substituiert einen neuen Heizkörper mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Heizkörper (Stahl) 1 Durchschnittsheizkörper (Stahl, $m = 42,4$ kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

#### Annahmen

- Zu substituierende (Platten-/Röhr-)Heizkörper sind aus Stahl hergestellt.
- Ein Heizkörper aus Stahl der Masse  $m$  substituiert überwiegend Heizkörper gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Heizkörpern aus Stahl bestimmt.

- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Heizkörper - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Heizkörper (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsheizkörper (Stahl, m = 42,4 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 40).

Tab. Anhang 40: GWP von (Röhren-/Platten-)Heizkörper (Stahl)

Bestimmung	ÖBD [10]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Heizkörper (Stahl)	4,448 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittsheizkörper (Stahl, m = 42,4 kg)	188,595 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eines (Platten-/Röhr-)Heizkörpers aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 4,448 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen (Platten-/Röhr-)Heizkörpers aus Stahl können der Masse m = 42,4 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 188,595 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[10] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Heizkörper. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c6de5beb-ffe9-4b5f-aba8-c0c2d3528c58&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c6de5beb-ffe9-4b5f-aba8-c0c2d3528c58&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.13. 9a/10a. Boden-/Wandfliesen (Steinzeugfliesen, glasiert)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Steinzeugfliesen glasiert (Dicke 0,01 m) [11]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [11]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [11]

## Substitution

Tab. Anhang 41: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Boden-/Wandfliesen (Steinzeugfliesen, glasiert) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Boden-/Wandfliesen substituieren neue Boden-/Wandfliesen mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Steinzeugfliesen (d = 1cm)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 20,0 kg/m <sup>2</sup>	-

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Boden-/Wandfliesen substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Boden-/Wandfliesen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Boden-/Wandfliesen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Steinzeugfliesen glasiert (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Steinzeugfliesen, glasiert (d = 1 cm)‘ bestimmt.

Hierbei ist zu beachten, dass die Dicke d in ÖBD mit 1 cm angegeben wird, jedoch kann diese ebenfalls nutzerspezifisch bestimmt werden. So ist bei unterschiedlicher Dickenordnung stets der Umrechnungsfaktor zu beachten. Die Bestimmung des GWP eines Referenztypens (GWP-RT) soll am folgenden Rechenbeispiel mit  $d_{\text{nutzerspezifisch}} = 2 \text{ cm}$  veranschaulicht werden (vgl. Tab. Anhang 42).

Tab. Anhang 42: GWP von Boden-/Wandfliesen (Steinzeugfliesen, glasiert)

Bestimmung	ÖBD [11]	Umrechnung	Beispiel
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>2</sup> )	Umrechnungsfaktor: $d_{\text{nutzerspezif.}} / d_{\text{ÖBD}}$	GWP-RT* (nutzerspezifisch)
<b>1 m<sup>2</sup> Steinzeugfliesen, glasiert (d = 1 cm)</b>	6,18 kg CO <sub>2</sub> -Äq.	2,0 cm / 1,0 cm = 2	2 x 6,18 = 12,36 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit, RT = Referenztyp

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Boden-/Wandfliesen bzw. bzw. glasierten Steinzeugfliesen der Fläche  $A = 1 \text{ m}^2$  und Dicke  $d = 1$  (Bsp.  $d = 2 \text{ cm}$ ) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 6,18 kg CO<sub>2</sub>-Äq. (Bsp. 12,36 kg CO<sub>2</sub>-Äq.) assoziiert werden.

## Quelle

[11] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Steinzeugfliesen glasiert (Dicke 0,01 m). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b4a0e610-e038-47d3-b86e-cef013cd7c83&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b4a0e610-e038-47d3-b86e-cef013cd7c83&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.14. 9b/10b. Boden-/Wandfliesen (keramische Fliesen)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- keramische Fliesen und Platten [12]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- Der Bundesverband Keramische Fliesen e. V. erstellte im Jahr 2014 die Ökobilanzdaten. [12]
- „Die Ökobilanz ist repräsentativ für 9 Firmen und 11 Werke des Verbandes, die insgesamt rund 70 % des gesamten inländischen Produktionsvolumens herstellen.“ [12]
- Die Datensätze des Bundesverbandes können daher als repräsentativ betrachtet werden.

## Substitution

Tab. Anhang 43: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Boden-/Wandfliesen (keramische Fliesen) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Boden-/Wandfliesen substituieren Boden-/Wandfliesen mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> keramische Fliesen	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 18,65 kg/m <sup>2</sup>	-

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Boden-/Wandfliesen substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Boden-/Wandfliesen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Boden-/Wandfliesen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚1 m<sup>2</sup> durchschnittliche Fliese (18,65 kg/m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 m<sup>2</sup> (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> keramische Fliesen‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 44).

Tab. Anhang 44: GWP von Boden-/Wandfliesen (keramischen Fliesen)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [12]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>2</sup> )
<b>1 m<sup>2</sup> keramische Fliese</b>	12,94 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Boden-/Wandfliesen bzw. keramischen Fliesen der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 12,94 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[12] ÖKOBAUDAT (2016): Prozess-Datensatz: Keramische Fliesen und Platten. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a2b5b7c9-db13-4dbd-be23-b0ff9f0cbd98&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a2b5b7c9-db13-4dbd-be23-b0ff9f0cbd98&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.15. 11a. Dachziegel**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Dachziegel [13]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden und Datensatz zum konkreten Bauteil enthält, welcher wie oben ermittelt wurde.
- Der Datensatz „bezieht sich auf Dachziegel und Zubehör der Dachziegelwerke Nelskamp GmbH. Die prozessspezifischen Daten wurden für das Bezugsjahr 2014 erhoben. Die Erfassung der Daten erfolgt für das Werk in Unsleben. Durch die Erfassung der prozessspezifischen Daten in dem Produktionswerk Unsleben beruht die hier zugrunde gelegte Ökobilanz auf plausiblen, nachvollziehbaren und transparenten Daten.“ [13] und ist somit herstellerepezifisch.

## Substitution

Tab. Anhang 45: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Dachziegel mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Kilogramm gebrauchter Dachziegel substituieren neue Dachziegel mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Dachziegel Neu: Dachziegel (420 x 330 x 50 mm, m = 15,2 kg)	
<b>RF ÖBD</b>	1 t Dachziegel inklusive Zubehör - 1000.0 * 1.0 kg (Masse)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Flächengewicht $\rho_A$ : 45,0 kg/m <sup>2</sup> - Rohdichte $\rho$ : 2180,0 kg/m <sup>3</sup>	-

## Annahmen

- 1 kg Dachziegel substituieren überwiegend 1 kg Dachziegel gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Neu: 1 Dachziegel substituiert überwiegend 1 Dachziegel gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Dachziegeln bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚1 t Dachziegel inklusive Zubehör - 1000.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Dachziegel‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 46).

Tab. Anhang 46: GWP von Dachziegeln

Bestimmung	ÖBD [13]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Dachziegel</b>	0,35 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Neu: 1 Dachziegel (420 x 330 x 50 mm, m = 15,2 kg)</b>	5,32 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 t Dachziegel inklusive Zubehöres</b> <b>- 1000.0 * 1.0 kg (Masse)</b>	350 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 350 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je t Dachziegeln an. Dies entspricht 0,35 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Dachziegel.

Neu: Der ÖBD-Datensatz gibt eine Rohdichte von 2180 kg/m<sup>3</sup>. Somit wiegt ein Dachziegel mit  $V = 0,00693 \text{ m}^3$  ca. 15,2 kg. Da die Bauteilliste keine Informationen zu den Maßen eines Dachziegels liefert, werden die Maße der (häufig eingesetzten) Frankfurter-Pfanne (Heimhelden 2021) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

Dies entspricht einem GWP von 5,32 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für das beschriebene Bauteil.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Dachziegeln der Masse m = 1 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,35 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Neu: Mit der überwiegenden Substitution eines Dachziegels der Masse m = 15,2 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 5,32 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[13] ÖKOBAUDAT (2016): Prozess-Datensatz: Dachziegel. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=eec9c184-852b-47e5-b380-7ae5af203b65&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=eec9c184-852b-47e5-b380-7ae5af203b65&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

**6.1.16. 15b. RT/Badewanne (Acryl)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

Datensatz:

- Bade- und Duschwanne Acryl [2]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [2]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [2]

**Substitution**

Tab. Anhang 47: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Badewanne (Acryl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Badewanne aus Acryl der Masse m substituiert eine neue Badewanne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Badewanne (Acryl) 1 Durchschnittsbadewanne (Acryl, m = 20,4 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

**Annahmen**

- Zu substituierende Badewannen sind aus Acryl hergestellt.
- Eine Badewanne aus Acryl der Masse m substituiert überwiegend Badewannen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.

- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Badewannen aus Acryl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp wird der Datensatz-Information entnommen und hat die Masse  $m = 20,4$  kg.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Bade- und Duschwanne Acryl - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Badewanne (Acryl)‘ und ‚1 Durchschnittsbadewanne (Acryl,  $m = 20,4$  kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 48).

Tab. Anhang 48: GWP von Badewanne (Acryl)

Bestimmung	ÖBD [2]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Badewanne (Acryl)	4,215 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittsbadewanne (Acryl, $m = 20,4$ kg)	85,986 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der Durchschnittstyp hat die Masse  $m = 20,4$  kg entsprechend den Datensatz-Informationen von ÖBD (ÖKOBAUDAT), da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg einer Badewanne aus Acryl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 4,215 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Badewanne aus Acryl der Masse  $m = 20,4$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 85,986 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[2] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Bade- und Duschwanne Acryl. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.03.2021.

#### 6.1.17. 15'b. RT/Duschwanne (Acryl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Bade- und Duschwanne Acryl [2]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.



- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [2]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [2]

### Substitution

Tab. Anhang 49: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Duschwanne (Acryl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Duschwanne aus Acryl der Masse m substituiert eine neue Duschwanne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Duschwanne (Acryl) 1 Durchschnittsduschwanne (Acryl, m = 13 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

### Annahmen

- Zu substituierende Duschwannen sind aus Acryl hergestellt.
- Eine Duschwanne aus Acryl der Masse m substituiert überwiegend Duschwannen gleicher bzw. ähnlicher Funktion
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Duschwannen aus Acryl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp wird der Datensatz-Information entnommen und hat eine Masse m = 13 kg.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Bade- und Duschwanne Acryl - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Duschwanne (Acryl)‘ und ‚1 Durchschnittsduschwanne (Acryl, m = 13 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 50).

Tab. Anhang 50: GWP von Duschwanne (Acryl)

Bestimmung	ÖBD [2]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Duschwanne (Acryl)</b>	4,215 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsduschwanne (Acryl, m = 13 kg)</b>	53,612 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der Durchschnittstyp hat die Masse m = 13 kg entsprechend den Datensatz-Informationen von ÖBD, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg einer Duschwanne aus Acryl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 4,215 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Duschwanne aus Acryl der Masse  $m = 13$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 53,612 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

- [2] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Bade- und Duschwanne Acryl. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f2e34135-bdd8-4e8a-8805-ad089d6d1b92&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.03.2021.

### **6.1.18. 16a. Fensterbeschläge (Doppelflügel Fenster) (Alu)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Fenster-Beschlag für Doppelflügel Fenster [16]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [16]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [16]

### **Substitution**

Tab. Anhang 51: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fensterbeschläge für Doppelflügel Fenster (Aluminium) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Fensterbeschlag für Doppelflügel Fenster aus Aluminium substituiert einen neuen Fensterbeschlag mit vergleichbarer Funktion.	Ein Stück gebrauchter Fensterbeschläge für Doppelflügel Fenster aus Aluminium kann einen neuen Fensterbeschlag dieser Art substituieren.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 Alu-Fensterbeschlag (Doppelflügel Fenster, $m = 1,014$ kg)	1 Alu-Fensterbeschlag (Doppelflügel Fenster, $m = 1,014$ kg)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Gewicht: 1,014 kg	Gewicht: 1,014 kg

### **Annahmen**

- Ein Fensterbeschlag für Doppelflügel Fenster aus Aluminium der Masse  $m$  substituiert überwiegend Fensterbeschläge gleicher bzw. ähnlicher Funktion.

- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbeschlägen für Doppelflügel Fenster bestimmt.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Fenster-Beschlag für Doppelflügel Fenster- 1.0 \* 1.0 pcs. (Anzahl)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden werden der Referenzfluss zu ‚1 Alu-Fensterbeschlag (Doppelflügel Fenster, m = 1,014 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 52).

Tab. Anhang 52: GWP von Fenster-Beschlägen für Doppelflügel Fenster (Aluminium)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [16]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (Stück)
<b>1 Alu-Fensterbeschlag (Doppelflügel Fenster, m = 1,014 kg)</b>	8,735 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines Fensterbeschläge für Doppelflügel Fenster aus Aluminium der Masse m = 1,014 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 8,735 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[16] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Fenster-Beschlag für Doppelflügel Fenster. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4bf26663-9018-47a1-943d-8ed4d3f87d0f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=4bf26663-9018-47a1-943d-8ed4d3f87d0f&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.19. 16b. Fensterbeschläge für Drehkippenfenster (Aluminium)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Fenster-Beschlag für Drehkippenfenster – Aluminium [17]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [17]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [17]

## Substitution

Tab. Anhang 53: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fensterbeschläge für Drehkipfenster (Aluminium) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Fensterbeschlag für Drehkipfenster aus Aluminium substituiert einen neuen Fensterbeschlag mit vergleichbarer Funktion.	Ein Stück gebrauchter Fensterbeschläge für Drehkipfenster aus Aluminium kann einen neuen Fensterbeschlag dieser Art substituieren.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 Alu-Fensterbeschlag (Drehkipfenster, m = 1,65 kg)	1 Alu-Fensterbeschlag (Drehkipfenster, m = 1,65 kg)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Gewicht: 1,65 kg	Gewicht: 1,65 kg

## Annahmen

- Ein Fensterbeschlag für Drehkipfenster aus Aluminium mit Masse m substituiert überwiegend Fensterbeschläge gleicher bzw. ähnlicher Funktion
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbeschlägen für Drehkipfenster bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Fensterbeschlag (Drehkip Aluminium) - 1.0 \* 1.0 pcs. (Anzahl)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 Alu-Fensterbeschlag (Drehkipfenster, m = 1,65 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 54).

Tab. Anhang 54: GWP von Fensterbeschlägen für Drehkipfenster (Aluminium)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [17]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (Stück)
<b>1 Alu-Fensterbeschlag (Drehkipfenster, m = 1,65 kg)</b>	12,37 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines Fensterbeschlages für Drehkipfenster aus Aluminium der Masse m = 1,65 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 12,37 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[17] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Fenster-Beschlag für Drehkipfenster (Aluminium). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b1efabb9-6371-4b96-9ee2-d1f11f9f3b25&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b1efabb9-6371-4b96-9ee2-d1f11f9f3b25&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.20. 16c. Fensterbeschläge (Stahl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Beschlagverbund Fenster Stahl [18]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [18]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [18]

## Substitution

Tab. Anhang 55: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fensterbeschläge (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Fensterbeschlag aus Stahl substituiert einen neuen Fensterbeschlag mit vergleichbarer Funktion.	Ein Stück gebrauchter Fensterbeschläge aus Stahl kann einen neuen Fensterbeschlag dieser Art substituieren.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 Stahl-Fensterbeschlag (m = 2,63 kg)	1 Stahl-Fensterbeschlag (m = 2,63 kg)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Gewicht: 2,63 kg	Gewicht: 2,63 kg

## Annahmen

- Ein Fensterbeschläge aus Stahl mit Masse m substituiert überwiegend Fensterbeschläge gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbeschlägen aus Stahl bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Beschlagverbund Fenster Stahl - 1.0 \* 1.0 pcs. (Anzahl)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden werden der Referenzfluss zu ‚1 Stahl-Fensterbeschlag (m = 2,63 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 56).

Tab. Anhang 56: GWP von Fensterbeschlägen (Stahl)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [18]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (Stück)
<b>1 Stahl-Fensterbeschlag (m = 2,63 kg)</b>	17,27 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden und technisch möglichen Substitution eines Fensterbeschlages aus Stahl der Masse m = 2,63 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 17,27 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[18] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Beschlagverbund Fenster Stahl. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ea4ff1e8-4ee8-4ecf-8951-a79b5b60dd2a&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ea4ff1e8-4ee8-4ecf-8951-a79b5b60dd2a&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.21. 18. Vormauerziegel**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Vormauerziegel [19]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [19]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [19]

#### **Substitution**

Tab. Anhang 57: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Vormauerziegel mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchter Vormauerziegel substituieren neue Vormauerziegel mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Vormauerziegel	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 1800,0 kg/m <sup>3</sup>	-

## Annahmen

- 1 m<sup>3</sup> Vormauerziegel substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Vormauerziegel gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Vormauerziegeln bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Vormauerziegel - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>3</sup> Vormauerziegel‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 58).

Tab. Anhang 58: GWP von Vormauerziegeln

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [19]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>1 m<sup>3</sup> Vormauerziegel</b>	528,5 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Vormauerziegeln des Volumens  $V = 1 \text{ m}^3$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 528,5 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[19] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Vormauerziegel. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f74a19da-df9a-4462-a632-3b3dc83377b1&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f74a19da-df9a-4462-a632-3b3dc83377b1&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.22. 19a. Fensterbank (Granit)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

## Datensatz:

- Natursteinplatte, hart, Fassade (Dicke 0,030 m) [20]

## Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [20]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [20]

## Substitution

Tab. Anhang 59: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fensterbank (Granit) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Granit der Fläche A substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Granitplatte ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Granit, d = 3 cm) 1 Durchschnittsfensterbank (Granit, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 3 cm)	1 m <sup>2</sup> Granitplatte (d = 3 cm)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 208,0 kg/m <sup>2</sup>	Flächengewicht $\rho_A$ : 208,0 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- Eine Fensterbank aus Granit substituiert überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Fensterbänke aus Granit bzw. können als 1 m<sup>2</sup> Granitplatte stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Granit bestimmt.
- Die Dicke d des Durchschnittstyp beträgt d = 3 cm und entspricht somit dem Wert des Datensatzes der harten Natursteinplatte für die Fassade.
- Die Fläche A des Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Fläche einzelner Marmor-Fensterbänke.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Natursteinplatte, hart, Fassade (m<sup>2</sup> - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Fensterbank (Granit, d = 3 cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Granit, A = 0,71 m<sup>2</sup>, d = 3,0 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Granitplatte (d = 3 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 60).

Tab. Anhang 60: GWP von Fensterbänken (Granit)

	Bestimmung	ÖBD [20]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Granit, d = 3 cm)	32,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsfensterbank (Granit, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 3,0 cm)	23,011 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. mögl.</b>	1 m <sup>2</sup> Granitplatte (d = 3 cm)	32,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit



---

Der ÖBD-Datensatz gibt 32,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Natursteinplatte und Dicke d = 3 cm an (Wieland Naturstein GmbH 2021). Dies entspricht 23,011 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 0,71 m<sup>2</sup> Fläche mit gleicher Dicke für den Durchschnittstypen.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Fensterbänken aus Granit der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 3 cm bzw. der stofflichen Verwertung der Granitplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 3 cm technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 32,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Fensterbank aus Granit der Fläche A = 0,71 m<sup>2</sup> und Dicke d = 3,0 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 23,011 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[20] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, hart, Fassade (Dicke 0,030 m). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cb3f4a56-460c-4a3e-ae43-3e0a9dcb4319&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cb3f4a56-460c-4a3e-ae43-3e0a9dcb4319&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

**6.1.23. 19c. Fensterbank (Kalksandstein)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

Datensatz:

- Natursteinplatte, weich, Fassade [21]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [21]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [21]

## Substitution

Tab. Anhang 61: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fensterbank (Kalksandstein) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Kalksandstein der Fläche A substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Kalksandsteines ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Kalksandstein, d = 4 cm) 1 Durchschnittsfensterbank (Kunststein A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 4 cm)	1 m <sup>2</sup> Kalksandsteinplatte (d = 4 cm)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 104,0 kg/m <sup>2</sup>	Flächengewicht $\rho_A$ : 104,0 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- Eine Fensterbank aus Kalksandstein substituiert überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Fensterbänke aus Kalksandstein können als 1 m<sup>2</sup> Kalksandstein-Platte stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Kalksandstein bestimmt.
- Die Dicke d des Durchschnittstyp beträgt d = 4 cm entsprechend der Dicke des Wertes des Datensatzes der weichen Natursteinplatte für die Fassade.
- Die Fläche A des Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Fläche einzelner Marmor-Fensterbänke.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Natursteinplatte, weich, Fassade (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Fensterbank (Kalksandstein, d = 4 cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Kalksandstein, A = 0,71 m<sup>2</sup>, d = 4 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Kalksandsteinplatte (d = 4 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 62).

Tab. Anhang 62: GWP von Fensterbänken (Kalksandstein) und Kalksandsteinplatten

	Bestimmung	ÖBD [21]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Kalksandstein, d = 4 cm) 1 Durchschnittsfensterbank (Kalksandstein, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 4 cm)	16,23 kg CO <sub>2</sub> -Äq. 11,532 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Tech. mögl.</b>	1 m <sup>2</sup> Kalksandsteinplatte (d = 4 cm)	16,23 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 16,23 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Natursteinplatte und Dicke d = 4 cm an. Dies entspricht 11,532 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 0,71 m<sup>2</sup> Fläche bei gleicher Dicke.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Fensterbänken aus Kalksandstein der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 4 cm bzw. der stofflichen Verwertung der Kalksandsteinplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 4 cm (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 16,23 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Fensterbank aus Kalksandstein der Fläche A = 0,71 m<sup>2</sup> und Dicke d = 4,0 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 11,532 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[21] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, weich, Fassade. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

**6.1.24. 19d. Gewände (Sandstein)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

Datensatz:

- Natursteinplatte, weich, Fassade [21]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [21]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [21]

**Substitution**

Tab. Anhang 63: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Gewände (Sandstein) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Gewände aus Sandstein der Fläche A substituiert neue Gewände mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Sandsteines ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Gewände (Sandstein, d = 4 cm)	1 m <sup>2</sup> Sandsteinplatte (d = 4 cm)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht ρ <sub>A</sub> : 104,0 kg/m <sup>2</sup>	Flächengewicht ρ <sub>A</sub> : 104,0 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Gewände aus Sandstein der Dicke d substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Gewände gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Gewänden aus Sandstein bestimmt.
- Die Dicke d wird der Datensatz-Information entnommen und beträgt 4,0 cm.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Natursteinplatte, weich, Fassade (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Gewände (Sandstein, d = 4 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Sandsteinplatte (d = 4 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 64).

Tab. Anhang 64:GWP von Fensterbänken (Sandstein) und Sandsteinplatten

	Bestimmung	ÖBD [21]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Gewände (Sandstein, d = 4 cm)	16,23 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Tech. mögl.</b>	1 m <sup>2</sup> Sandsteinplatte (d = 4 cm)	16,23 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Gewänden aus Sandstein der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 4 cm bzw. der stofflichen Verwertung der Sandsteinplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 4 cm (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 16,23 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[21] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, weich, Fassade. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.25. 20. Ziegelstein (Mauerziegel)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensätze:

- Mauerziegel [22]
- Vormauerziegel [19]

#### Begründung [22]:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD den passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.

- Der unternehmensspezifische Datensatz bezieht sich auf Mauerziegeln, die von 90 % den Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel (AMZ) im Jahr 2013 hergestellt wurden. Das „Produktionsvolumen dieser Firmen liegt - nach Produktionsmenge - bei etwa 97 % des deutschen Marktes“ [22] und kann daher als repräsentativ betrachtet werden.

## Substitution

Tab. Anhang 65: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Ziegelstein mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchter Ziegelsteine bzw. Mauerziegel substituieren neue Ziegelsteine (Mauerziegel) mit vergleichbarer Funktion.	Ziegelsteine bzw. Mauerziegeln können bei der Errichtung von Trockenmauern stofflich verwertet werden und substituieren somit Vormauerziegeln.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Ziegelstein	1 m <sup>3</sup> Vormauerziegel
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 575,0 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ : 1800,0 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>3</sup> Ziegelsteine substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Ziegelsteine gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Ziegelsteine können als 1 m<sup>3</sup> Vormauerziegeln (zur Errichtung von Trockenmauern) stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Ziegelsteinen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Mauerziegel - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Masse)‘ für die überwiegende Substitution bzw. ‚Vormauerziegel - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Masse)‘ für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>3</sup> Ziegelstein‘ bestimmt bzw. ‚1 m<sup>3</sup> Vormauerziegel‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 66).

Tab. Anhang 66: GWP von Ziegelsteinen und Vormauerziegeln

	Bestimmung	ÖBD [22]; [19]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>3</sup> Ziegelstein	138,3 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. mögl.</b>	1 m <sup>3</sup> Vormauerziegel	528,5 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Ziegelsteinen mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  bzw. der stofflichen Verwertung als Vormauerziegel (zur Errichtung von Trockenmauern) mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 138,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 528,5 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## **Quelle**

- [22] ÖKOBAUDAT (2015): Prozess-Datensatz: Mauerziegel. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f98eea66-671c-4014-bfbb-2db1ffba8331&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f98eea66-671c-4014-bfbb-2db1ffba8331&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.
- [19] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Vormauerziegel. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f74a19da-df9a-4462-a632-3b3dc83377b1&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f74a19da-df9a-4462-a632-3b3dc83377b1&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### **6.1.26. 23a. Holzbalken (Vollholz)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Nadelnschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## **Substitution**

Tab. Anhang 67: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Holzbalken (Vollholz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchter Holzbalken substituieren neue Holzbalken mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Vollholzes als Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Holzbalken (Vollholz)	1 m <sup>3</sup> Vollholz“
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 492,92 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ : 492,92 kg/m <sup>3</sup>

## **Annahmen**

- 1 m<sup>3</sup> Holzbalken substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Holzbalken gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Holzbalken können als 1 m<sup>3</sup> Vollholz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).

- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Holzbalken aus Vollholz bestimmt.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Holzbalken‘ bzw. ‚1 m<sup>3</sup> Vollholz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 68).

Tab. Anhang 68: GWP von Holzbalken und Vollholz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>3</sup> Holzbalken (Vollholz)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. Mögl.</b>	1 m <sup>3</sup> Vollholz	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Holzbalken mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  bzw. der stofflichen Verwertung des Vollholzes mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.27. 23b. Holzbalken (Konstruktionsvollholz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE) [14]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Aufgrund der hohen Abdeckung bildet der Datensatz die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [14] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 69: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Holzbalken (Konstruktionsvollholz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchter Holzbalken substituieren neue Holzbalken mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Konstruktionsvollholzes als Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Holzbalken (Konstruktionsvollholz)	1 m <sup>3</sup> Konstruktionsvollholz“
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 492,92 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ : 492,92 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>3</sup> Holzbalken substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Holzbalken gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Holzbalken können als 1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Holzbalken aus Konstruktionsvollholz bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Holzbalken‘ bzw. ‚1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 70).

Tab. Anhang 70: GWP von Holzbalken und Konstruktionsvollholz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>3</sup> Holzbalken (Konstruktionsvollholz)	55,109 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. Mögl.</b>	1 m <sup>3</sup> Konstruktionsvollholz	55,109 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Holzbalken mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  bzw. der stofflichen Verwertung des Konstruktionsvollholzes mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 55,109 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.



## Quelle

[14] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6f81ab5-4055-4597-afae-b1462dcfc128&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6f81ab5-4055-4597-afae-b1462dcfc128&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.28. 27a. Betonpflastersteine

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensätze:

- Betonpflasterstein (BPS) [23]
- Vormauerziegel (VZ) [19]

#### Begründung [23]:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden und Datensatz zum konkreten Bauteil enthält, welcher wie oben ermittelt wurde.
- Der unternehmensspezifische Datensatz von 2017 „bezieht sich auf Betonpflastersteine der Firma GODELMANN GmbH & Co. KG, hergestellt in Fensterbach, Deutschland. Die deklarierte Einheit bezieht sich auf 1 m<sup>2</sup> Betonpflasterstein“. [23]

## Substitution

Tab. Anhang 71: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Betonpflastersteine mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Betonpflastersteine substituieren neue Betonpflastersteine mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Betonpflastersteine als Vormauerziegel (zur Errichtung von Trockenmauern) ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Betonpflastersteine (d = 8 cm)	1 m <sup>2</sup> Vormauerziegel (mit d = 8 cm)
<b>RF ÖBD</b>		Vormauerziegel - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Flächengewicht $\rho_A$ : 188,0 kg/m <sup>2</sup> - Dicke d: 0,08 m	Rohdichte $\rho$ : 1800,0 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Betonpflastersteine substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Betonpflastersteine gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Betonpflastersteine können als 1 m<sup>2</sup> Vormauerziegel (zur Errichtung von Trockenmauern) stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Betonpflastersteinen bestimmt.
- Die Dicke d beträgt 8 cm entsprechend dem Wert des Datensatzes.

- Der Referenzfluss der ‚Vormauerziegeln‘ wird dem Referenzfluss der ‚Betonpflastersteine‘ angepasst ( $d_{VZ} = d_{BPS} = 8 \text{ cm}$ ).

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m<sup>2</sup>] – 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende bzw. ‚Vormauerziegel - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>2</sup> Betonpflasterstein (d = 8 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Vormauerziegel (d = 8 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 72).

Tab. Anhang 72: GWP von Betonpflastersteinen und Vormauerziegeln

	Bestimmung	ÖBD [23]; [19]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Betonpflasterstein (d = 8 cm)	25,535 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Vormauerziegel (d = 8 cm)	42,26 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Vormauerziegel - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	528,5 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 528,5 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Vormauerziegel an. Bei einer Fläche von A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 8 cm entspricht dies einem GWP von 42,26 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution des Betonpflastersteins der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 8 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 25,535 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der technisch möglichen Substitution des Betonpflastersteins als Mauerziegeln der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 8 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 42,26 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quellen

- [23] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Betonpflastersteine. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKODAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=0d1e4a59-4901-4973-a26f-1698f65a780f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKODAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=0d1e4a59-4901-4973-a26f-1698f65a780f&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.
- [19] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Vormauerziegel. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKODAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f74a19da-df9a-4462-a632-3b3dc83377b1&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKODAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f74a19da-df9a-4462-a632-3b3dc83377b1&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### 6.1.29. 29a. Fassadenklinker

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensätze:

- Fassadenklinker (FK) [24]
- Betonpflasterstein (BPS) [23]

### Begründung [24]:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [24]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [24]

### **Substitution**

Tab. Anhang 73: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fassadenklinker mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchter Fassadenklinker substituieren neue Fassadenklinker mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Fassadenklinkers als Betonpflasterstein bzw. nicht tragendes Baumaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Fassadenklinker	1 m <sup>3</sup> Betonpflasterstein
<b>RF ÖBD</b>		Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 2000,0 kg/m <sup>3</sup>	- Dicke d: 0,08 m - Flächengewicht $\rho_A$ : 188,0 kg/m <sup>2</sup>

### **Annahmen**

- 1 m<sup>3</sup> Fassadenklinker substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Fassadenklinker gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Fassadenklinker können als 1 m<sup>3</sup> Betonpflasterstein stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fassadenklinkern bestimmt.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Fassadenklinker [m<sup>3</sup>] - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ für die überwiegende bzw. ‚Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m<sup>2</sup>] - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die technisch mögliche Substitution. Diese werden zu ‚1 m<sup>3</sup> Fassadenklinker‘ bzw. ‚1 m<sup>3</sup> Betonpflasterstein‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 74).

Tab. Anhang 74: GWP von Fassadenklinkern und Betonpflastersteinen

	Bestimmung	ÖBD [24]; [23]
<b>Bauteil-Substitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>3</sup> Fassadenklinker	541,9 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- <b>bestimmt</b>	1 m <sup>3</sup> Betonpflasterstein	319,188 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- <b>ÖBD</b>	Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	25,535 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 25,535 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je 0,08 m<sup>3</sup> Betonpflasterstein an. Die entspricht somit 319,188 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Betonpflasterstein.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Fassadenklinker des Volumen V = 1 m<sup>3</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 541,9 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der technisch möglichen Substitution der Fassadenklinker als Betonpflasterstein (nicht tragendes Baumaterial) des Volumen V = 1 m<sup>3</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 319,188 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quellen**

- [24] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Fassadenklinker. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d311ba82-a703-4865-b5e3-f704e5b88712&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d311ba82-a703-4865-b5e3-f704e5b88712&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.
- [23] ÖKOBAUDAT (2019): Prozess-Datensatz: Betonpflastersteine. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e76bcf28-fc7d-408e-a554-6317256cb905&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e76bcf28-fc7d-408e-a554-6317256cb905&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.30. 29b. Mauerziegel**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensätze:

- Mauerziegel [22]
- Betonpflastersteine [23]

#### Begründung [22]:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD den passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- Der unternehmensspezifische Datensatz bezieht sich auf Mauerziegeln, die von 90 % den Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel (AMZ) im Jahr 2013 hergestellt wurden. Das „Produktionsvolumen dieser Firmen liegt - nach Produktionsmenge - bei etwa 97 % des deutschen Marktes“ [22] und kann daher als repräsentativ betrachtet werden.

## Substitution

Tab. Anhang 75: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Mauerziegel mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchter Mauerziegel substituieren Mauerziegeln mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Mauerziegel als Betonpflasterstein bzw. nicht tragendes Baumaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Mauerziegel	1 m <sup>3</sup> Betonpflasterstein
<b>RF ÖBD</b>		Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 575,0 kg/m <sup>3</sup>	- Dicke d: 0,08 m - Flächengewicht $\rho_A$ : 188,0 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>3</sup> Mauerziegel substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Mauerziegel gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Mauerziegel können als 1 m<sup>3</sup> Betonpflasterstein stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Mauerziegeln bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚1 m<sup>3</sup> Mauerziegel - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ für die überwiegende bzw. ‚Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m<sup>2</sup>] - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Mauerziegel‘ bzw. ‚1,0 m<sup>3</sup> Betonpflasterstein‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 76).

Tab. Anhang 76: GWP von Mauerziegeln und Betonpflastersteinen

	Bestimmung	ÖBD [22]; [23]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>3</sup> Mauerziegel	138,3 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>3</sup> Betonpflasterstein	319,188 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Betonpflastersteine, 8 cm [188 kg/m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	25,535 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 25,535 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je 0,08 m<sup>3</sup> Betonpflasterstein an. Die entspricht somit 319,188 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Betonpflasterstein.

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Mauerziegel des Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 138,3 kg  $\text{CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

Mit der technisch möglichen Substitution der Mauerziegel als Betonpflasterstein des Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 319,188 kg  $\text{CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

## **Quellen**

- [22] ÖKOBAUDAT (2015): Prozess-Datensatz: Mauerziegel. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f98eea66-671c-4014-bfbb-2db1ffba8331&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f98eea66-671c-4014-bfbb-2db1ffba8331&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.
- [23] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Betonpflastersteine. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=0d1e4a59-4901-4973-a26f-1698f65a780f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=0d1e4a59-4901-4973-a26f-1698f65a780f&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### **6.1.31. 30a. RT/Fensterbank (Marmor)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Marmorplatte (Dicke 0,02 m) [25]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [25]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [25]

## **Substitution**

Tab. Anhang 77: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fensterbank (Marmor) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Marmor der Fläche A substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Marmorplatte ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 $\text{m}^2$ Fensterbank (Marmor, $d = 2 \text{ cm}$ ) 1 Durchschnittsfensterbank (Marmor, $A = 0,71 \text{ m}^2$ , $d = 2 \text{ cm}$ )	1 $\text{m}^2$ Marmorplatte ( $d = 2 \text{ cm}$ )
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Dicke $d$ : 2,0 cm - Flächengewicht $\rho_A$ : 52,0 $\text{kg/m}^2$	- Dicke $d$ : 2,0 cm - Flächengewicht $\rho_A$ : 52,0 $\text{kg/m}^2$

## Annahmen

- Fensterbank aus Marmor substituiert überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Fensterbank aus Marmor können als 1 m<sup>2</sup> Marmorplatte stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Marmor bestimmt.
- Die Dicke d des Durchschnittstyp entspricht dem Wert des Datensatzes der ‚Marmorplatte‘.
- Die Fläche A des Durchschnittstypen ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Marmorplatte [m<sup>2</sup>] - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>2</sup> Fensterbank (Marmor, d = 2 cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Marmor, A = 0,71 m<sup>2</sup>, d = 2 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Marmorplatte (d=2cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 78)

Tab. Anhang 78: GWP von Fensterbänken (Marmor) und Marmorplatten

	Bestimmung	ÖBD [25]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Marmor, d = 2 cm)	16,28 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsfensterbank (Marmor, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2 cm)	11,56 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>2</sup> Marmorplatte (d = 2 cm)	16,28 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit, RT = Referenztyp

Der ÖBD-Datensatz gibt 16,28 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Marmorplatte und Dicke d = 2 cm an. Dies entspricht 11,56 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 0,71 m<sup>2</sup> Fläche mit gleicher Dicke für den Durchschnittstypen.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution einer Fensterbank aus Marmor der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2 cm bzw. der stofflichen Verwertung der Marmorplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2 cm (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 16,28 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Fensterbank aus Marmor der Fläche A = 0,71 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2,0 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 11,56 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[25] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Marmorplatte (Dicke 0,02 m). Online verfügbar unter <https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&uuid=e9be7506-62ce-45b8-853f-c45c3f82401f>, zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.32. 30b. RT/Fensterbank (Kunststein)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Kunststeinplatte (Epoxidharz gebunden) [26]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [26]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [26]

#### **Substitution**

Tab. Anhang 79: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fensterbank (Kunststein) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Kunststein der Fläche A substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Kunststeins ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Kunststein, d = 2 cm) 1 Durchschnittsfensterbank (Kunststein A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2 cm)	1 m <sup>2</sup> Kunststeinplatte (d = 2 cm)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Dicke d: 2,0 cm - Flächengewicht $\rho_A$ : 52,0 kg/m <sup>2</sup>	- Dicke d: 2,0 cm - Flächengewicht $\rho_A$ : 52,0 kg/m <sup>2</sup>

#### **Annahmen**

- 1 Fensterbänke aus Kunststein substituieren überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Fensterbank aus Kunststein können als 1 m<sup>2</sup> Kunststeinplatte stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Kunststein bestimmt.
- Die Dicke d des Durchschnittstyp beträgt d = 2 cm entsprechend der Dicke dem Wert des Datensatzes der Kunststeinplatte.
- Die Fläche A des Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Fläche einzelner Marmor-Fensterbänke.



## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Kunststeinplatte (Epoxidharz gebunden) [m<sup>2</sup>] - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende und die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>2</sup> Fensterbank (Kunststein, d=2cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Kunststein, A=0,71m<sup>2</sup>, d=2cm) 1 m<sup>2</sup> Kunststeinplatte bestimmt (vgl. Tab. Anhang 80).

Tab. Anhang 80: GWP von Fensterbänken (Kunststein) und Kunststeinplatten

	Bestimmung	ÖBD [26]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Kunststein, d = 2 cm) 1 Durchschnittsfensterbank (Kunststein, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2 cm)	28,35 kg CO <sub>2</sub> -Äq. 20,129 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>2</sup> Kunststeinplatte (d=2cm)	28,35 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 28,35 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Kunststeinplatte und Dicke d = 2 cm an. Dies entspricht 20,129 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 0,71 m<sup>2</sup> Fläche mit gleicher Dicke für den Durchschnittstypen.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution einer Fensterbank aus Kunststein der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2 cm bzw. der stofflichen Verwertung der Kunststeinplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2 cm (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 28,35 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Fensterbank aus Kunststein der Fläche A = 0,71 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2,0 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 20,129 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

[26] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Kunststeinplatte (Epoxidharz gebunden). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ccdb5f3c-7305-46c7-ad5b-a05bb922a743&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ccdb5f3c-7305-46c7-ad5b-a05bb922a743&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### **6.1.33. 30c Fensterbank (Schiefer)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Schiefer (Dicke 0,011 m) [27]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [27]

- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [27]

## Substitution

Tab. Anhang 81: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fensterbank (Schiefer) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Schiefer des Volumen V substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Schieferplatte ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Schiefer, d = 2,0 cm)  1 Durchschnittsfensterbank (Schiefer, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2 cm)	1 m <sup>2</sup> Schieferplatte (d = 2 cm)
<b>RF ÖBD</b>	Schiefer [m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Dicke d: 1,1 cm  - Flächengewicht $\rho_A$ : 30,0 kg/m <sup>2</sup>	- Dicke d: 1,1 cm  - Flächengewicht $\rho_A$ : 30,0 kg/m <sup>2</sup>

## Annahmen

- Eine Fensterbank aus Schiefer substituiert überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Fensterbank aus Schiefer können als 1 m<sup>2</sup> Schieferplatte stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Schiefer bestimmt.
- Die Dicke d des Durchschnittstyp soll ebenfalls der Dicke mit d = 2 cm der Marmorplatte entsprechen.
- Die Fläche A des Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Fläche einzelner Marmor-Fensterbänke.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Schiefer [m<sup>2</sup>] - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende als auch die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Fensterbank (Schiefer, d = 1,1 cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Schiefer, A = 0,71 m<sup>2</sup>, d = 2 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Schieferplatte (d = 2 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 82).

Tab. Anhang 82: GWP von Fensterbänken (Schiefer) und Schieferplatten

	Bestimmung	ÖBD [27]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- <b>bestimmt</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Schiefer, d = 2,0 cm)	27,345 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsfensterbank (Schiefer, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2 cm)	19,415 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- <b>ÖBD</b>	Schiefer [m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	15,04 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>2</sup> Schieferplatte (d = 2,0 cm)	27,345 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit, RT = Referenztyp

Der ÖBD-Datensatz gibt 15,04 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Schieferplatte und Dicke d = 1,1 cm an. Dies entspricht 19,435 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 0,71 m<sup>2</sup> Fläche mit Dicke d = 2 cm für den Durchschnittstypen.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution einer Fensterbank aus Schiefer der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2,0 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 27,345 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der stofflichen Verwertung der Schieferplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2 cm (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 27,345 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Fensterbank aus Schiefer der Fläche A = 0,71 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2,0 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 19,435 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[27] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Schiefer (Dicke 0,011 m). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9049a94f-a527-4d87-a4b9-5a3a56f5ea19&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9049a94f-a527-4d87-a4b9-5a3a56f5ea19&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.34. 32a. Vollholz**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.

- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 83: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Vollholz mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchten Vollholzes substituiert neues Vollholz mit vergleichbarer Funktion.	Das Vollholz kann der Holzgewinnung dienen.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Vollholz	1 m <sup>3</sup> Vollholz
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ : 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 84). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 84: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- 1 m<sup>3</sup> Vollholz substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Vollholz gleicher bzw. ähnlicher Funktion
- 1 m<sup>3</sup> Vollholz können als 1 m<sup>3</sup> Vollholz stofflich verwertet werden / dienen der Holzgewinnung (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Vollholz bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Vollholz‘ (vgl. Tab. Anhang 85).

Tab. Anhang 85: GWP von Vollholz

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [15]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>1 m<sup>3</sup> Vollholz</b>	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Vollholz des Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  bzw. der stofflichen Verwertung des Holzmaterials mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

#### **Quelle**

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.1.35. 32b. Brettschichtholz (Holzbau, Träger)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Brettschichtholz - Standardformen (Durchschnitt DE) [28]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.
- „Aufgrund der hohen Abdeckung bildet der Datensatz die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [28] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung betrachtet.

#### **Substitution**

Tab. Anhang 86: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Brettschichtholz (Holzbau, Träger) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchten Brettschichtholzes substituieren neues Brettschichtholz mit vergleichbarer Funktion.	Das Brettschichtholz kann der Holzgewinnung dienen.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Brettschichtholz	1 m <sup>3</sup> Brettschichtholz
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 507,11 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ 492,92 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>3</sup> Brettschichtholz substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Brettschichtholz gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Brettschichtholz können als 1 m<sup>3</sup> Brettschichtholz stofflich verwertet werden / dienen der Holzgewinnung (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Brettschichtholz bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Brettschichtholz (Standard) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Brettschichtholz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 87).

Tab. Anhang 87: GWP von Brettschichtholz (Holzbau, Träger)

Bestimmung	ÖBD
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
1 m <sup>3</sup> Brettschichtholz	92,44 in kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Brettschichtholz mit Volumen V = 1 m<sup>3</sup> bzw. der stofflichen Verwertung des Holzmaterials mit Volumen V = 1 m<sup>3</sup> (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 92,44 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[28] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Brettschichtholz - Standardformen (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=65088842-af32-46a8-819d-b92901c9e91e&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=65088842-af32-46a8-819d-b92901c9e91e&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.1.36. 32c. Konstruktionsvollholz

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt bauteilspezifisch.

#### Datensatz:

- Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE) [14]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist möglich, da ÖBD einen passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält.

- „Aufgrund der hohen Abdeckung bildet der Datensatz die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [14] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 88: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Konstruktionsvollholz mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchten Konstruktionsvollholzes substituieren neues Konstruktionsvollholz mit vergleichbarer Funktion.	Das Konstruktionsvollholz kann der Holzgewinnung dienen.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Konstruktionsvollholz	1 m <sup>3</sup> Konstruktionsvollholz
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 492,92 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ 492,92 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- 1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz gleicher bzw. ähnlicher Funktion
- 1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz können als 1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz stofflich verwertet werden / dienen der Holzgewinnung (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer vollständigen Modellierung der Bauteilproduktion, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als bauteilspezifisch definiert und für den Herstellungsprozess von Konstruktionsvollholz bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz‘ (vgl. Tab. Anhang 89).

Tab. Anhang 89: GWP von Konstruktionsvollholz

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [14]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>1 m<sup>3</sup> Konstruktionsvollholz</b>	55,109 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Konstruktionsvollholz mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  bzw. der stofflichen Verwertung des Holzmaterials mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 55,109 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

---

## Quelle

- [14] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6f81ab5-4055-4597-afae-b1462dcfc128&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6f81ab5-4055-4597-afae-b1462dcfc128&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

## 6.2. Konkrete / Materialspezifisch konkrete Datensatz-Zuordnung

Insofern keine Datensätze einem konkreten Bauteil exakt zugeordnet werden können, gilt es als naheliegend Daten abhängig vom Material alternativ für die Bauteile heranzuziehen. Bei der materialspezifisch konkreten Datensatz-Zuordnung beschreiben die Datensatzinformationen das Bauteil konkret oder beinhalten dieses und es müssten vermutlich keine bis wenige Prozesse nachgeschaltet werden, d. h. es wird angenommen, dass der Datensatz des Materials dem Material des Bauteils entspricht.

### 6.2.1. 1b. RT/Haustür (Holz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Das Datenblatt des Materials zeigt weiter auf, dass dieses insbesondere für (...) Fenster und Türen genutzt wird. Das Bauteil Tür wird konkret aufgezählt, weshalb eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich ist.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.



## Substitution

Tab. Anhang 90: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Haustür (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Haustür aus Holz des Volumen V substituiert eine neue Haustür mit vergleichbarer Funktion.	- Eine Haustür kann eine Innentür ersetzen. - Die stoffliche Verwertung der Haustür als Holzmaterial ist ebenfalls technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Haustür (Holz, d <sub>st</sub> = 3,5 cm)  1 Standardhaustür (Holz, d <sub>st</sub> = 3,5 cm, b <sub>st</sub> = 97,7 cm, hast = 204,7 cm)  1 Durchschnittshaustür (Holz, d <sub>ø</sub> = 4,2cm, b <sub>ø</sub> = 91,4 cm, h <sub>ø</sub> = 225,4 cm)	1 m <sup>3</sup> Holz
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 91)

Tab. Anhang 91: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Eine Haustür aus Holz der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Haustüren gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Die Substitution einer Innentür durch eine Haustür aus Holz ist technisch möglich.
- 1 m<sup>3</sup> Haustüren aus Holz können als 1 m<sup>3</sup> Holz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Haustüren aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Dicke d einer Standardtür beträgt d<sub>st</sub> = 3,5 cm.
- Für die Standardmaße wurde der Mittelwert (jeweils Breite b<sub>st</sub> und Höhe h<sub>st</sub>) aus sechs Normmaßen für Haustüren gebildet. (Neuffer Fenster + Türen GmbH o. J.)

- Die Fläche  $A_\phi$  des Durchschnittstypen ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung einzelner Bauteile.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet ( $\emptyset$  DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Haustür (Holz,  $d_{st} = 3,5$  cm)‘, ‚1 Standardhaustür (Holz,  $d_{st} = 3,5$  cm,  $b_{st} = 97,7$  cm,  $h_{st} = 204,7$  cm)‘ und ‚1 Durchschnittshaustür (Holz,  $d_\phi = 4,2$  cm,  $b_\phi = 91,4$  cm,  $h_\phi = 225,4$  cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>3</sup> Holz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 92).

Tab. Anhang 92: GWP von Haustüren und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
<b>- bestimmt</b>	1 m <sup>2</sup> Haustür (Holz, $d = 3,5$ cm)	1,484 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Standardhaustür (Holz, $d = 3,5$ cm, $b_{st} = 97,7$ cm, $h_{st} = 204,7$ cm)	2,969 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittshaustür (Holz, $d_\phi = 4,2$ cm, $b_\phi = 91,4$ cm, $h_\phi = 225,4$ cm)	3,67 CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>- ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet ( $\emptyset$ DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. mögl.</b>	1 m <sup>3</sup> Holz	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Dies entspricht:

- 1,484 CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Fläche  $A = 1$  m<sup>2</sup> und Dicke  $d = 0,035$  m,
- 2,969 CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Standardtür mit Fläche  $A_{st} = 2$  m<sup>2</sup> und Dicke  $d = 0,035$  m (DORMA 2018),
- 3,67 CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Durchschnittstür mit Fläche  $A_\phi = 2,06$  m<sup>2</sup> und  $d = 0,042$  m.

### Ergebnis:

Mit der Substitution einer 3,5 cm dicken Haustür aus Holz der Fläche  $A = 1$  m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes des Volumen  $V = 1$  m<sup>3</sup> (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 1,484 CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

Mit der überwiegenden Substitution einer 3,5 cm dicken Standardhaustür aus Holz der Breite  $b_{st} = 97,7$  cm und Höhe  $h_{st} = 204,7$  cm bzw. der Fläche  $A_{st} = 2$  m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 2,969 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen 4,2 cm dicken Haustür aus Holz der Breite  $b_\phi = 91,4$  cm und Höhe  $h_\phi = 225,4$  cm bzw. der Fläche  $A_\phi = 2,06$  m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 3,67 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.2.2. 2a. RT/Zimmertür (Holz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz), welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Das Datenblatt des Materials zeigt weiter auf, dass dieses insbesondere für (...) Fenster und Türen genutzt wird. Das Bauteil Tür wird konkret aufgezählt, weshalb eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich ist.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 93: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Zimmertür (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Zimmertür aus Holz des Volumen V substituiert eine neue Zimmertür mit vergleichbarer Funktion.	- Eine Zimmertür kann eine Innentür ersetzen. - Die stoffliche Verwertung der Zimmertür als Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Zimmer (Holz, d <sub>st</sub> = 3,5 cm) 1 Standardzimmertür (Holz, d <sub>st</sub> = 3,5 cm, b <sub>st</sub> = 79,8 cm, h <sub>st</sub> = 204,8 cm) 1 Durchschnittszimmertür (Holz, d <sub>φ</sub> = 3,9 cm, b <sub>φ</sub> = 86,5 cm, h <sub>φ</sub> = 208,3 cm)	1 m <sup>3</sup> Holz
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 94). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 94: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
Insgesamt	13.409	80,7	3.203	19,3	16.612	100

- Zu substituierende Zimmertüren sind aus Nadelholz hergestellt.
- Eine Zimmertür aus Holz der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Zimmertüren gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Die Substitution einer Innentür durch eine Zimmertür aus Holz ist technisch möglich.
- 1 m<sup>3</sup> Zimmertüren aus Holz können als 1 m<sup>3</sup> Holz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Zimmertüren aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Dicke d einer Standardtür beträgt  $d_{st} = 3,5$  cm.
- Für die Standardmaße wurde der Mittelwert aus acht Normmaßen (Breite  $b_{st}$  und Höhe  $h_{st}$ ) für Zimmertüren gebildet (Benz GmbH & Co. KG Baustoffe o. J.).
- Die Fläche  $A_{\phi}$  des Durchschnittstypen ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Zimmertür (Holz,  $d_{st} = 3,5$  cm)‘, ‚1 Standardzimmertür (Holz,  $d_{st} = 3,5$  cm,  $b_{st} = 79,8$  cm,  $h_{st} = 204,8$  cm)‘ und ‚1 Durchschnittszimmertür (Holz,  $d_{\phi} = 3,9$  cm,  $b_{\phi} = 86,5$  cm,  $h_{\phi} = 208,3$  cm) bzw. 1 m<sup>3</sup> Holz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 95).

Tab. Anhang 95: GWP von Zimmertüren und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Zimmertür (Holz, d = 3,5 cm)	1,484 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Standardzimmertür (Holz, d <sub>st</sub> = 3,5 cm, b <sub>st</sub> = 79,8 cm, h <sub>st</sub> = 204,8 cm)	2,426 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittszimmertür (Holz, d <sub>ø</sub> = 3,9 cm, b <sub>ø</sub> = 86,5 cm, h <sub>ø</sub> = 208,3 cm)	2,98 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>3</sup> Holz	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Dies entspricht:

- 1,484 CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 0,035 m,
- 2,426 CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Standardtür mit Fläche A<sub>st</sub> = 1,63 m<sup>2</sup> und Dicke d = 0,035 m (DORMA 2018),
- 2,98 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Durchschnittstür mit Fläche A<sub>ø</sub> = 1,8 m<sup>2</sup> und d = 0,039 m.

#### Ergebnis:

Mit der Substitution einer 3,5 cm dicken Zimmertür aus Holz der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes des Volumen V = 1 m<sup>3</sup> (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 1,484 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

Mit der überwiegenden Substitution einer 3,5 cm dicken Standardzimmertür aus Holz der Breite b<sub>st</sub> = 79,8 cm und Höhe h<sub>st</sub> = 204,8 cm bzw. der Fläche A<sub>st</sub> = 1,63 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 2,426 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen 3,9 cm dicken Zimmertür aus Holz der Breite b<sub>ø</sub> = 86,5 cm und Höhe h<sub>ø</sub> = 208,3 cm bzw. der Fläche A<sub>ø</sub> = 1,8 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 2,98 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### 6.2.3. 2b. RT/Zimmertür (Spanplatte)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Spanplatte, roh (Durchschnitt DE) [31]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch Spanplatten materialspezifisch betrachtet werden.
- „Spanplatten werden für die Herstellung von Innentüren verwendet.“ [31] Die Informationen des Datensatzes zählen das Bauteil konkret auf, weshalb eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich ist.
- „Die Produktion der an der Ökobilanzstudie beteiligten Projektpartner lag bei 3.525.000 m<sup>3</sup>/a, was einer deutschlandweiten Abdeckung von 99 % entspricht.“ [31]
- „Aufgrund der hohen Abdeckung bildet der Datensatz die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse [(hier: Herstellung)] und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [31]

### **Substitution**

Tab. Anhang 96: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Zimmertür (Spanplatte) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Zimmertür aus Spanplatten des Volumen V substituiert eine neue Zimmertür mit vergleichbarer Funktion.	- Eine Zimmertür kann eine Innentür ersetzen.  - Die stoffliche Verwertung der Zimmertür als Holzbaustoff bzw. Spanplatte ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Zimmertür (Spanplatte, d <sub>st</sub> = 3,5 cm)  1 Standardzimmertür (Spanplatte, d <sub>st</sub> = 3,5 cm, b <sub>st</sub> = 79,8 cm, h <sub>st</sub> = 204,8 cm)  1 Durchschnittszimmertür (Spanplatte, d <sub>ø</sub> = 3,9 cm, b <sub>ø</sub> = 86,5 cm, h <sub>ø</sub> = 208,3 cm)	1,0 m <sup>3</sup> Spanplatte
<b>RF ÖBD</b>	Spanplatte roh (7 % Feuchte) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 633.31 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 633.31 kg/m <sup>3</sup>

### **Annahmen**

- Zu substituierende Zimmertüren sind aus Spanplatten hergestellt.
- Eine Zimmertür aus Spanplatten der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Zimmertüren gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Die Substitution einer Innentür durch eine Zimmertür aus Spanplatten ist technisch möglich.
- 1 m<sup>3</sup> Zimmertüren aus Spanplatten können als 1 m<sup>3</sup> Spanplatten stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).

- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Zimmertüren aus Spanplatten bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Dicke  $d$  einer Standardtür beträgt  $d_{st} = 3,5$  cm.
- Für die Standardmaße wurde der Mittelwert aus sechs Normmaße (Breite  $b_{st}$  und Höhe  $h_{st}$ ) für Zimmertüren gebildet (Benz GmbH & Co. KG Baustoffe o. J.).
- Die Fläche  $A_{\emptyset}$  des Durchschnittstypen ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung einzelner Bauteile.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Spanplatte roh (7 % Feuchte) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Zimmertür (Spanplatte,  $d_{st} = 3,5$  cm)‘, ‚1 Standardzimmertür (Spanplatte,  $d_{st} = 3,9$  cm,  $b_{st} = 79,8$  cm,  $h_{st} = 204,8$  cm)‘ und ‚1 Durchschnittszimmertür (Spanplatte,  $d_{\emptyset} = 3,9$  cm,  $b_{\emptyset} = 86,5$  cm,  $h_{\emptyset} = 208,3$  cm) bzw. 1 m<sup>3</sup> Spanplatten‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 97).

Tab. Anhang 97: GWP von Zimmertüren und Spanplatten

	Bestimmung	ÖBD [31]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend: - bestimmt</b>	1 m <sup>2</sup> Zimmertür (Spanplatte, $d_{st} = 3,5$ cm)	3,139 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Standardzimmertür (Spanplatte, $d_{st} = 3,5$ cm, $b_{st} = 79,8$ cm, $h_{st} = 204,8$ cm)	5,13 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittszimmertür (Spanplatte, $d_{\emptyset} = 3,9$ cm, $b_{\emptyset} = 86,5$ cm, $h_{\emptyset} = 208,3$ cm)	6,302 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>- ÖBD</b>	Spanplatte roh (7 % Feuchte) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	89,687 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>3</sup> Spanplatte	89,687 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 89,687 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Spanplatte an. Dies entspricht:

- 3,139 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Fläche  $A = 1$  m<sup>2</sup> und Dicke  $d = 0,035$  m,
- 5,13 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Standardtür mit Fläche  $A_{st} = 1,63$  m<sup>2</sup> und Dicke  $d = 0,035$  m (DORMA 2018),
- 6,302 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Durchschnittstür mit Fläche  $A_{\emptyset} = 1,8$  m<sup>2</sup> und  $d = 0,039$  m.

### Ergebnis:

- Mit der Substitution einer 3,5 cm dicken Zimmertür aus Spanplatten der Fläche  $A = 1$  m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung der Spanplatten des Volumen  $V = 1$  m<sup>3</sup> (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 3,139 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 89,687 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

- Mit der überwiegenden Substitution einer 3,5 cm dicken Standardzimmertür aus Spanplatten der Breite  $b_{st} = 79,8$  cm und Höhe  $h_{st} = 204,8$  cm bzw. der Fläche  $A_{st} = 1,63$  m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 5,13 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.
- Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen 3,9 cm dicken Zimmertür aus Spanplatten der Breite  $b_{\phi} = 86,5$  cm und Höhe  $h_{\phi} = 208,3$  cm bzw. der Fläche  $A_{\phi} = 1,8$  m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 6,302 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[31] ÖKOBAUDAT (2020): Prozess-Datensatz: Spanplatte, roh (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=0edfee35-a09c-4494-bdfc-bba1edb0855f&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=0edfee35-a09c-4494-bdfc-bba1edb0855f&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.03.2021.

#### 6.2.4. 2c. RT/Zimmertür (Röhrenspanplatte)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

##### Datensatz:

- Röhrenspanplatten (Durchschnitt DE) [29]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch Röhrenspanplatten materialspezifisch betrachtet werden.
- „Für die Röhrenspanplatte ergibt sich besonders im Bereich der Innentüren ein breites Anwendungsgebiet.“ Die Informationen des Datensatzes zählen das Bauteil konkret auf, weshalb eine materialspezifische konkrete Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [29]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [29]



## Substitution

Tab. Anhang 98: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Zimmertür (Röhrenspanplatte) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Zimmertür aus Röhrenspanplatten des Volumen V substituiert eine neue Zimmertür mit vergleichbarer Funktion.	- Eine Zimmertür kann eine Innentür ersetzen.  - Die stoffliche Verwertung der Zimmertür als Holzbaustoff bzw. Röhrenspanplatte ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Zimmertür (Röhrenspanplatte, d <sub>st</sub> = 3,5 cm)  1 Standardzimmertür (Röhrenspanplatte, d <sub>st</sub> = 3,5 cm, b <sub>st</sub> = 79,8 cm, h <sub>st</sub> = 204,8 cm)  1 Durchschnittszimmertür (Röhrenspanplatte, d <sub>ø</sub> = 3,9 cm, b <sub>ø</sub> = 86,5 cm, h <sub>ø</sub> = 208,3 cm)	1 m <sup>3</sup> Röhrenspanplatte
<b>RF ÖBD</b>	Röhrenspanplatte (Durchschnitt DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: k. A. in ÖBD	Rohdichte ρ: k. A. in ÖBD

## Annahmen

- Zu substituierende Zimmertüren sind aus Röhrenspanplatten hergestellt.
- Eine Zimmertür aus Röhrenspanplatten der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Zimmertüren gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Die Substitution einer Innentür durch eine Zimmertür aus Röhrenspanplatten ist technisch möglich.
- 1 m<sup>3</sup> Zimmertüren aus Röhrenspanplatten können als 1 m<sup>3</sup> Röhrenspanplatten stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Zimmertüren aus Röhrenspanplatten bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Dicke d einer Standardtür beträgt d<sub>st</sub> = 3,5 cm.
- Für die Standardmaße wurde der Mittelwert aus acht Normmaßen (Breite b<sub>st</sub> und Höhe h<sub>st</sub>) für Zimmertüren gebildet (Benz GmbH & Co. KG Baustoffe o. J.).
- Die Fläche A<sub>ø</sub> des Durchschnittstypen ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Röhrenspanplatte (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden

wird der Referenzfluss zu ,1 m<sup>2</sup> Zimmertür (Röhrenspanplatte, d<sub>st</sub> = 3,5 cm)‘, ,1 Standardzimmertür (Röhrenspanplatte, d<sub>st</sub> = 3,5 cm, b<sub>st</sub> = 79,8 cm, h<sub>st</sub> = 204,8 cm)‘ und ,1 Durchschnittszimmertür (Röhrenspanplatte, d<sub>ø</sub> = 3,9 cm, b<sub>ø</sub> = 86,5 cm, h<sub>ø</sub> = 208,3 cm)\* bzw. ,1 m<sup>3</sup> Röhrenspanplatte‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 99).

Tab. Anhang 99: GWP von Zimmertüren und Röhrenspanplatten

	Bestimmung	ÖBD [29]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Zimmertür (Röhrenspanplatte, d <sub>st</sub> = 3,5 cm)	2,64 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Standardtür (Röhrenspanplatte, d <sub>st</sub> = 3,5 cm, b <sub>st</sub> = 79,8 cm, h <sub>st</sub> = 204,8 cm)	4,314 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittszimmertür (Röhrenspanplatte, d <sub>ø</sub> = 3,9 cm, b <sub>ø</sub> = 86,5 cm, h <sub>ø</sub> = 208,3 cm)	5,3 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Röhrenspanplatte (Durchschnitt DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	75,425 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>3</sup> Röhrenspanplatte	75,425 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 75,425 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Röhrenspanplatte an. Dies entspricht:

- 2,64 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 0,035 m,
- 4,314 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Standardtür mit Fläche A<sub>st</sub> = 1,63 m<sup>2</sup> und Dicke d = 0,035 m (DORMA 2018),
- 5,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für eine Durchschnittstür mit Fläche A<sub>ø</sub> = 1,8 m<sup>2</sup> und d = 0,039 m.

#### Ergebnis:

Mit der Substitution einer 3,5 cm dicken Zimmertür aus Röhrenspanplatten der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung der Spanplatten des Volumen V = 1 m<sup>3</sup> (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 2,64 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 75,425 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

Mit der überwiegenden Substitution einer 3,5 cm dicken Standardzimmertür aus Spanplatten der Breite b<sub>st</sub> = 79,8 cm und Höhe h<sub>st</sub> = 204,8 cm bzw. der Fläche A<sub>st</sub> = 1,63 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 4,314 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen 3,9 cm dicken Zimmertür aus Spanplatten der Breite b<sub>ø</sub> = 86,5 cm und Höhe h<sub>ø</sub> = 208,3 cm bzw. der Fläche A<sub>ø</sub> = 1,8 m<sup>2</sup> können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 5,3 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[29] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Röhrenspanplatte (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d0423f9f-f627-4594-bc7c-9452af7c2462&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d0423f9f-f627-4594-bc7c-9452af7c2462&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 09.02.2021.

### 6.2.5. 5a. RT/Geländer (Holz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Geländer, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

### Substitution

Tab. Anhang 100: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Geländer (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Geländer aus Holz der Masse m substituiert ein neues Geländer mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Holzgeländers als Holzbaustoff ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Geländer (Holz) 1 Durchschnittsgeländer (Holz, m = 10,6 kg)	1 kg Holz
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)“
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ : 484,51 kg/m <sup>3</sup>

### Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 101). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 101: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Holzgeländer sind aus Nadelholz hergestellt.
- Ein Geländer aus Holz der Masse m substituiert überwiegend ein gleiches Geländer gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 kg Geländer aus Holz können als 1 kg Holz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Geländern aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Geländer (Holz)‘ und ‚1 Durchschnittsgeländer (Holz, m = 10,6 kg)‘ bzw. ‚1 kg Holz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 102)

Tab. Anhang 102: GWP von Geländern und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 kg Geländer (Holz)	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsgeländer (Holz, m = 10,6 kg)	0,933 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>		
- bestimmt	1 kg Holz	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

---

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Mit einer Rohdichte des Holzes von 492,92 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Holz und 0,933 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für 10,6 kg Holz bzw. den Durchschnittstypen.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution des Geländers aus Holz der Masse m = 1 kg bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes der Masse m = 1 kg (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Geländes aus Holz der Masse m = 10,6 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 0,933 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

**6.2.6. 12. Dachkonstruktionsholz**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Dachkonstruktionsholz, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 103: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Dachkonstruktionsvollholz mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Kubikmeter gebrauchten Konstruktionsholzes für das Dach substituieren neues Konstruktionsholz mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Konstruktionsholzes als hochwertiges Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>3</sup> Dachkonstruktionsholz	1 m <sup>3</sup> hochwertiges Holz
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 492,92 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ 492,92 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 104). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 104: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierendes Dachkonstruktionsholz ist aus Nadelholz hergestellt.
- 1 m<sup>3</sup> Dachkonstruktionsholz substituieren überwiegend 1 m<sup>3</sup> Dachkonstruktionsholz gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Dachkonstruktionsholz können stofflich als hochwertiges Holzmaterial stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Dachkonstruktionsholz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 m<sup>3</sup> Dachkonstruktionsholz‘ bzw. ‚1 m<sup>3</sup> hochwertiges Holz‘ (vgl. Tab. Anhang 105).

Tab. Anhang 105: GWP von Dachkonstruktionsholz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE* (m <sup>3</sup> )
<b>Überwiegend</b>	1 m <sup>3</sup> Dachkonstruktionsholz	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. mögl.</b>	1 m <sup>3</sup> hochwertiges Holz	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Dachkonstruktionsholz mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  bzw. der stofflichen Verwertung des hochwertigen Holzmaterials mit Volumen  $V = 1 \text{ m}^3$  (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.2.7. 13a. RT/Zaun (Holz)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Zäune, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 106: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Zaun (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Zaun aus Holz der Masse m substituiert einen neuen Zaun mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Holzzauns als Holzbaustoff ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Zaun (Holz) 1 Durchschnittszaun (Holz, m = 25,4 kg)	1 kg Holz
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 107). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 107: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Holzzäune sind aus Nadelholz hergestellt.
- Ein Zaun aus Holz der Masse m substituiert überwiegend Zäune gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 kg Zaun aus Holz können als 1 kg Holz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Zäunen aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Der Durchschnittstyp hat die produktspezifische Masse m = 25,4 kg.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Zaun (Holz)‘ und ‚1 Durchschnittszaun (Holz, m = 25,4 kg)‘ bzw. ‚1 kg Holz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 108).



Tab. Anhang 108: GWP von Zäunen und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 kg Zaun	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittszaun (Holz, m = 25,4 kg)	2,235 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 kg Holz	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Mit einer Rohdichte des Holzes von 492,92 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Holz.

Des Weiteren wird produktspezifisch die Masse m einer Durchschnittszaun aus Holz mit m = 25,4 kg (OBI 2020) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert. Dies entspricht somit einem GWP von 2,235 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution des Zauns aus Holz der Masse m = 1 kg bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes der Masse m = 1 kg (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Zauns aus Holz der Masse m = 25,4 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 2,235 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### **6.2.8. 13b. RT/Gartentor (Holz)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadel-schnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Gartentore, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

### Substitution

Tab. Anhang 109: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Gartentor (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Gartentor aus Holz der Masse m substituiert ein neues Gartentor mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Gartentors als Holzbaustoff ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Gartentor (Holz) 1 Durchschnittsgartentor (Holz, m = 11 kg)	1 kg Holz
<b>RF ÖBD</b>	Nadel-schnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadel-schnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

### Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 110). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 110: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Gartentore sind aus Nadelholz hergestellt.

- Ein Gartentor aus Holz der Masse  $m$  substituiert überwiegend Gartentore gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 kg Gartentor aus Holz können als 1 kg Holz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Gartentoren aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Der Durchschnittstyp hat die produktspezifische Masse  $m = 11$  kg.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet ( $\emptyset$  DE) -  $1.0 * 1.0 \text{ m}^3$  (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Gartentor (Holz)‘ und ‚1 Durchschnittsgartentor (Holz,  $m = 11$  kg)‘ bzw. ‚1 kg Holz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 111).

Tab. Anhang 111: GWP von Gartentoren und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 kg Gartentor	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsgartentor (Holz, $m = 11$ kg)	0,968 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet ( $\emptyset$ DE) - $1.0 * 1.0 \text{ m}^3$ (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 kg Holz	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet ( $\emptyset$ DE) - $1.0 * 1.0 \text{ m}^3$ (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Mit einer Rohdichte des Holzes von 492,92 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Holz.

Des Weiteren wird herstellerepezifisch die Masse  $m$  eines Durchschnittsgartentors aus Holz mit  $m = 11$  kg (Hornbach 2020) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert. Dies entspricht somit einem GWP von 0,968 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution des Gartentors aus Holz der Masse  $m = 1$  kg bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes der Masse  $m = 1$  kg (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Gartentors aus Holz der Masse  $m = 11 \text{ kg}$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von  $0,968 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

#### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

#### 6.2.9. 17a. RT/Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

##### Datensatz:

- Furniersperrholz (Durchschnitt DE) [30]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Furniersperrholz materialspezifisch betrachtet werden.
- „Wegen seiner guten Maß- und Formbeständigkeit wird dieser Furniersperrholz insbesondere im Möbel- und Innenausbau für [...] Verkleidungen [...] verwendet.“ [30] Die Informationen des Datensatzes zählen das Bauteil bzw. die Verkleidung konkret auf, weshalb eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich ist.
- „Aufgrund der hohen Abdeckung bildet der Datensatz die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [30]

#### Substitution

Tab. Anhang 112: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Heizkörperverkleidung aus Furniersperrholz der Masse $m$ substituiert eine neue Heizkörperverkleidung mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Heizkörperverkleidung als hochwertiges Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz) 1 Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz, $m = 13,5 \text{ kg}$ )	1 kg hochwertiges Holzmaterial (Furniersperrholz)
<b>RF ÖBD</b>	Furniersperrholz (Durchschnitt DE) - $1.0 * 1.0 \text{ m}^3$ (Volumen)	Furniersperrholz (Durchschnitt DE) - $1.0 * 1.0 \text{ m}^3$ (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho: 465,7 \text{ kg/m}^3$	Rohdichte $\rho 465,7 \text{ kg/m}^3$

## Annahmen

- Zu substituierende Heizkörperverkleidungen sind aus Furniersperrholz hergestellt.
- Eine Heizkörperverkleidungen aus Furniersperrholz der Masse  $m$  substituiert überwiegend Heizkörperverkleidungen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1kg Heizkörperverkleidung aus Furniersperrholz können als 1 kg Furniersperrholz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Heizkörperverkleidungen aus Furniersperrholz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse  $m$  einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Furniersperrholz (Durchschnitt DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch für die technisch mögliche Substitution. Im Folgenden werden die Referenzflüsse zu ‚1 kg Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz)‘ und ‚1 Durchschnittsheizkörperverkleidung (Furniersperrholz,  $m = 13,5$  kg)‘ bzw. ‚1 kg Furniersperrholz‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 113).

Tab. Anhang 113: GWP von Heizkörperverkleidung und Furniersperrholz

	Bestimmung	ÖBD [30]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- <b>bestimmt:</b>	1 kg Heizkörperverkleidung (Furniersperrholz)	0,587 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsheizkörperverkleidung (Furniersperrholz, $m = 13,5$ kg)	7,925 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- <b>ÖDB:</b>	Furniersperrholz (Durchschnitt DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	273,44 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- <b>bestimmt:</b>	1 kg hochwertiges Holzmaterial (Furniersperrholz)	0,587 kg CO <sub>2</sub> -Äq..
- <b>ÖDB:</b>	Furniersperrholz (Durchschnitt DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	273,44 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 273,44 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Furniersperrholz an. Mit einer Rohdichte des Furniersperrholzes von 465,7 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,587 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Furniersperrholz. Für den Durchschnittstypen mit Masse  $m = 13,5$  kg ergeben sich somit 7,925 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

---

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden der Heizkörperverkleidung aus Furniersperrholz der Masse  $m = 1$  kg bzw. der stofflichen Verwertung des hochwertigen Holzmaterials bzw. Furniersperrholzes der Masse  $m = 1$  kg (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 0,587 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Heizkörperverkleidung aus Furniersperrholz der Masse  $m = 13,5$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 7,925 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

[30] ÖKOBAUDAT (2020): Prozess-Datensatz: Furniersperrholz (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9f150bd4-fee0-49fe-9e09-c07ad90fe492&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9f150bd4-fee0-49fe-9e09-c07ad90fe492&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 17.03.2021.

### **6.2.10. 21a. RT/Holztreppe**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelnschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelnschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Treppenstufen, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 114: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Holztreppe mittels Annahme zur überwiegenen und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Holztreppe des Volumen V substituiert eine neue Holztreppe mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Holztreppe als Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Holztreppe (d = 4 cm)  1 durchschnittliche Holztreppe (l = 100 cm, b = 30 cm, d = 4 cm)	1 m <sup>3</sup> Holz
<b>RF ÖBD</b>	„Nadelschichtholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 115). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 115: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Holztreppe sind aus Nadelholz hergestellt.
- Holztreppe der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Holztreppe der gleichen Fläche gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>3</sup> Holztreppe können als 1 m<sup>3</sup> Holz stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Holztreppe bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Maße einer durchschnittlichen Holztreppe betragen produktspezifisch Länge l = 100 cm x Breite b = 30 cm x Dicke d = 4cm.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Holztreppe (d = 4 cm)‘ bzw. ‚1 durchschnittliche Holztreppe (l = 100 cm, b = 30 cm, d = 4 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 116).

Tab. Anhang 116: GWP von Holztreppe

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Holztreppe (d = 4 cm)	1,696 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 durchschnittliche Holztreppe (l = 100 cm, b = 30 cm, d = 4 cm)	0,509 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich</b>	1 m <sup>3</sup> Holz	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Die Maße einer durchschnittlichen Treppe aus Holz werden mit Länge l = 100 cm, Breite b = 30 cm und Dicke d = 4 cm (OBI 2020) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert. Dies entspricht einem Volumen V von 0,12 m<sup>3</sup> und somit einem GWP von 0,509 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Ein m<sup>2</sup> Treppen aus Holz mit Dicke d = 0,04 m ergeben ein GWP von 1,696 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

### Ergebnis:

Mit der Substitution einer 4 cm dicken Holztreppe der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes des Volumen V = 1 m<sup>3</sup> (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 1,696 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

Mit der Substitution einer durchschnittlichen 4 cm dicken Holztreppe der Fläche A = 0,3 m<sup>2</sup> bzw. der Länge l = 100 cm und Breite b = 30 cm sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 0,509 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

## 6.2.11. 26. Parkett

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]



### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelnschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Parkett, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

### Substitution

Tab. Anhang 117: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Parkett mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchten Parketts substituiert neues Parkett mit vergleichbarer Funktion.	Das Parkett kann der Holzgewinnung bzw. stofflich verwertet als Holzplatte dienen.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Parkett (d = 4 mm)	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 4 mm) (Nadelholz)
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte $\rho$ : 484,51 kg/m <sup>3</sup>

### Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 118). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 118: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierendes Parkett ist aus Nadelholz hergestellt.
- Parkett der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Parkett gleicher bzw. ähnlicher Funktion.

- 1 m<sup>2</sup> Parkett können als 1 m<sup>2</sup> Holzplatte stofflich verwertet werden / dienen der Holzgewinnung (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Parkett bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Dicke d des Parketts beträgt produktspezifisch d = 4 mm.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Parkett (d = 4 mm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Holzplatte (d = 4 mm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 119).

Tab. Anhang 119: GWP von Parkett und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Parkett (d = 4 mm)	0,17 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d=4mm)	0,17 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Die Höhe bzw. Dicke d des Parketts wird mit d = 4 mm (Verband der Deutschen Parkettindustrie e.V. o. J.) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert. Dies entspricht einem Volumen V von 0,004 m<sup>3</sup> und somit einem GWP von 0,17 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Parkett bzw. Holzplatte.

### Ergebnis:

Mit der Substitution von 4 mm dickem Parkett der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung der (dünnen) Holzplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 4 mm (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 0,17 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.2.12. 30d. RT/Fensterbank (Holz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Fensterbänke, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

### Substitution

Tab. Anhang 120: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fensterbänke (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Holz des Volumens V substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	Die Fensterbank aus Holz kann der Holzgewinnung bzw. stofflich verwertet als Holzplatte dienen.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Holz, d = 2,6 cm) 1 Durchschnittsfensterbank (Holz, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2,6 cm)	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 2,6 cm)
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

### Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 121). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 121: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Fensterbänke sind aus Nadelholz hergestellt.
- Eine Fensterbank aus Holz der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Fensterbank aus Holz können als 1 m<sup>2</sup> Holzplatte stofflich verwertet werden / dienen der Holzgewinnung (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Dicke d einer Fensterbank beträgt produktspezifisch d = 2,6 cm.
- Die Fläche A des Durchschnittstypen ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Fläche einzelner Marmor-Fensterbänke.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Fensterbank (Holz, d = 2,6 cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Holz, A = 0,71 m<sup>2</sup>, d = 2,6 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Holzplatte (d = 2,6 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 122).

Tab. Anhang 122: GWP von Fensterbänken und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Fensterbank (Holz, d = 2,6 cm)	1,103 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsfensterbank (Holz, A = 0,71 m <sup>2</sup> , d = 2,6 cm)	0,783 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 2,6 cm)	1,103 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

---

Die Dicke  $d$  der Fensterbank wird mit  $d = 2,6$  cm (ALR-Bauelemente UG 2020) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert. Dies entspricht einem Volumen  $V$  von ca.  $0,019$  m<sup>3</sup> und somit einem GWP von  $0,783$  kg CO<sub>2</sub>-Äq. für den Durchschnittstypen. Hierbei die Fläche  $A = 0,71$  m<sup>2</sup> (analog der Fensterbank aus Marmor) angenommen. Für  $1$  m<sup>2</sup> Fensterbank aus Holz mit Dicke  $d = 2,6$  cm ergibt sich ein Volumen  $V$  von  $0,026$  m<sup>3</sup> und damit ein GWP von  $1,103$  kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

Ergebnis:

Mit der Substitution einer  $2,6$  cm dicken Fensterbank aus Holz der Fläche  $A = 1$  m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung der Holzplatte mit Fläche  $A = 1$  m<sup>2</sup> und Dicke  $d = 2,6$  cm (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von  $1,103$  kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

Mit der Substitution einer durchschnittlichen  $2,6$  cm dicken Holzfensterbank der Fläche  $A = 0,71$  m<sup>2</sup> sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von  $0,783$  kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

**Quelle**

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

**6.2.13. 33a. RT/Handläufer (Holz)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Handläufer, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [1] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 123: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Handläufer (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Handläufer aus Holz der Masse m substituiert einen neuen Handläufer mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung des Holzhandläufers als Holzdekoration ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Handläufer (Holz) 1 Durchschnittshandläufer (Holz, m = 5,2 kg)	1 kg Holzdekoration (Nadelholz)
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 124). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 124: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Handläufer sind aus Nadelholz hergestellt.
- Ein Handläufer aus Holz der Masse m substituiert überwiegend Handläufer gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 kg Handläufer aus Holz können als 1 kg Holzdekoration stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Handläufern aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Handläufer (Holz)‘ und ‚1 Durchschnittshandläufer (Holz, m = 5,2 kg)‘ bzw. ‚1 kg Holzdekoration‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 125).

Tab. Anhang 125: GWP von Handläufern und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 kg Handläufer	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittshandläufer (Holz, m = 5,2 kg)	0,458 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 kg Holzdekoration	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Mit einer Rohdichte des Holzes von 492,92 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Holz. Für den Durchschnittstypen der Masse m = 5,2 kg ergibt sich somit ein GWP von 0,458 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution des Handläufers aus Holz der Masse m = 1 kg bzw. der stofflichen Verwertung als Holzdekoration der Masse m = 1 kg (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Handläufers aus Holz der Masse m = 5,2 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,458 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.2.14. 33b. RT/Stakete (Holz)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

#### Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Die Informationen des Datensatzes beziehen sich nicht konkret auf Staketen, jedoch ist die Anwendung von Nadelholz für dieses Bauteil wahrscheinlich. Daher ist eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [1] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

### Substitution

Tab. Anhang 126: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Stakete (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Stakete aus Holz der Masse m substituiert eine neue Stakete mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Stakete als Holzdekoration ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Stakete (Holz) 1 Durchschnittsstakete (Holz, m = 1,3 kg)	1 kg Holzdekoration
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

### Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 127). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)



Tab. Anhang 127: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Staketen sind aus Nadelholz hergestellt.
- Eine Stakete aus Holz der Masse m substituiert überwiegend Staketen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 kg Stakete aus Holz können als 1 kg Holzdekoration stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Staketen aus Holz bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Stakete (Holz)‘ und ‚1 Durchschnittsstakete (Holz, m = 1,3 kg)‘ bzw. ‚1 kg Holzdekoration‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 128).

Tab. Anhang 128: GWP von Stakete und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 kg Stakete	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsstakete (Holz, m = 1,3 kg)	0,114 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 kg Holzdekoration	0,088 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

---

Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an. Mit einer Rohdichte des Holzes von 492,92 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Holz. Für den Durchschnittstypen der Masse m = 1,3 kg ergibt sich somit ein GWP von 0,114 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Stakete aus Holz der Masse m = 1 kg bzw. der stofflichen Verwertung des Holzes als Holzdekoration der Masse m = 1 kg (technisch mögliche Substitution) können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 0,088 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Stakete aus Holz der Masse m = 1,3 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,114 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

**6.2.15. 34. Holzplatte**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch konkret.

Datensatz:

- Nadelschnittholz - kammergetrocknet (Durchschnitt DE) [15]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Holzbaustoff materialspezifisch betrachtet werden.
- Das technische Anwendungsgebiet von Nadelschnittholz, welches als Balken, Bohle, Vierkant oder Latte dimensioniert wird, wird in der Bau- sowie Möbelindustrie eingesetzt. Das Bauteil Latte bzw. Platte wird konkret aufgezählt, weshalb eine materialspezifisch konkrete Zuordnung möglich ist.
- „[D]er Datensatz [bildet] die durchschnittlichen Produktionsverhältnisse und die damit verbundenen Umweltwirkungen repräsentativ für Deutschland ab.“ [15] Hierbei wird ausschließlich die Herstellung von Nadelholz betrachtet.

## Substitution

Tab. Anhang 129: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Holzplatte (Holz) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Holzplatte des Volumen V substituiert neue Holzplatten mit vergleichbarer Funktion.	Die stoffliche Verwertung der Holzplatten als Holzmaterial ist technisch mögliche Substitution.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 3 cm) 1 Holzplatte (l = 100 cm, b = 20 cm, d = 3 cm)	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 3 cm)
<b>RF ÖBD</b>	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>	Rohdichte ρ: 484,51 kg/m <sup>3</sup>

## Annahmen

- Zu substituierende Bauteile aus Holz sollen aus Nadelholz verarbeitet sein. Dem liegt zu Grunde, dass Bauprodukte aus Nadelholz (85,6 %) im Baubereich (2012) im Vergleich zu Laub- (12,6 %) und Tropenholz (1,8 %) in deutlich höheren Mengen gefertigt bzw. verbaut wurden (vgl. Tab. Anhang 130). (Weimar und Jochem 2013, S. 6)

Tab. Anhang 130: Verwendete Holzarten in 1.000 m<sup>3</sup> (Weimar und Jochem 2013, S. 7)

in 1.000 m <sup>3</sup> (b)	Verbaut		Verschnitt		Insgesamt	
	Summe	%	Summe	%	Summe	%
Nadelholz	11.476	81,0	2.695	19,0	14.171	100
Laubholz	1.696	79,2	445	20,8	2.141	100
Tropenholz	237	79,0	63	21,0	300	100
<b>Insgesamt</b>	<b>13.409</b>	<b>80,7</b>	<b>3.203</b>	<b>19,3</b>	<b>16.612</b>	<b>100</b>

- Zu substituierende Holzplatten sind aus Nadelholz hergestellt.
- Eine Holzplatte der Fläche A und Dicke d substituiert überwiegend Holzplatten gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- 1 m<sup>2</sup> Holzplatten können als 1 m<sup>2</sup> Holzplatte stofflich verwertet werden (technisch mögliche Substitution).
- Unter Annahme einer Modellierung der Bauteilproduktion in Anlehnung an die Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch konkret definiert und für den Herstellungsprozess von Holzplatten bestimmt. Hierbei nennt ÖBD den Einsatz des Materials konkret für das zu modellierende Bauteil.
- Die Maße von herstellerepezifischen Holzplatten betragen Länge l = 100 cm x Breite b = 20 cm x Dicke d = 3 cm.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ sowohl für die überwiegende als auch technisch mögliche Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Holzplatte (d = 3 cm)‘ und ‚1 Holzplatte (l = 100 cm, b = 20 cm, d = 3 cm)‘ bzw. ‚1 m<sup>2</sup> Holzplatte (d = 3 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 131).

Tab. Anhang 131: GWP von Holzplatten und Holz

	Bestimmung	ÖBD [15]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 3 cm)	1,272 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Holzplatte (l = 100 cm, b = 20 cm, d = 3 cm)	0,254 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>Techn. möglich:</b>		
- bestimmt	1 m <sup>2</sup> Holzplatte (d = 3 cm)	1,272 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Nadelschnittholz kammergetrocknet (Ø DE) - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	42,41 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Die Maße einer durchschnittlichen Holzplatte werden mit Länge l = 100 cm, Breite b = 20 cm und Dicke d = 3 cm (Holz Riegel o. J.) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert. Der ÖBD-Datensatz gibt 42,41 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Nadelholz an.

Dies entspricht einem Volumen von V = 0,006 m<sup>3</sup> und somit einem GWP von 0,254 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Für 1 m<sup>2</sup> Holzplatte der gleichen Dicke entsprechen dies 0,03 m<sup>3</sup> bzw. 1,272 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

### Ergebnis:

Mit der Substitution einer 3 cm dicken Holzplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> bzw. der stofflichen Verwertung der Holzplatte der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 3 cm (technisch mögliche Substitution) sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 1,272 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

Mit der Substitution einer durchschnittlichen 3 cm dicken Holztreppe der Fläche A = 0,2 m<sup>2</sup> bzw. der Länge l = 100 cm und Breite b = 20 cm sind unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 0,254 kg CO<sub>2</sub>-Äq. verbunden.

### Quelle

[15] ÖKOBAUDAT (2017): Prozess-Datensatz: Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=76c249ab-1481-4af8-9e98-39c3073eda6f&stock=OBD_2020_II&lang=de), , zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.3. Assoziative / Materialspezifisch assoziative Datensatz-Zuordnung

Insofern keine Datensätze einem konkreten Bauteil exakt zugeordnet werden können, gilt es als naheliegend Daten abhängig vom Material alternativ für die Bauteile heranzuziehen. Insofern die Datensatzinformationen unzureichend sind, wird das Bauteil dem Material assoziativ zugeordnet und es müssten weitere Prozesse nachgeschaltet werden, d. h. dass der Datensatz des Materials dem Material des Bauteils am naheliegendsten ist und diesem deshalb zugeordnet werden kann.

Assoziativ: Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von BT X bestimmt.

#### 6.3.1. 5b. RT/Geländer (Stahl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

##### Datensatz:

- Stahl Schmiedebauteil [34]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das geschmiedete Stahl materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [34] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [34]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [34]

### Substitution

Tab. Anhang 132: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Geländer (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Geländer aus Stahl der Masse m substituiert ein neues Geländer mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Geländer (Stahl) 1 Durchschnittsgeländer (Stahl, m = 82,6 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Zu substituierende historische Geländer sind aus Stahl hergestellt bzw. geschmiedet.
- Ein Geländer aus Stahl der Masse  $m$  substituiert überwiegend Geländer gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Geländer aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse  $m$  einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahl Schmiedebauteil (St) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Geländer (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsgeländer (Stahl,  $m = 82,6$  kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 133).

Tab. Anhang 133: GWP von Geländer (Stahl)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [34]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Geländer (Stahl)</b>	2,808 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsgeländer (Stahl, <math>m = 82,6</math> kg)</b>	231,941 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg eines geschmiedeten Geländers aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 2,808 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Geländers aus Stahl der Masse  $m = 82,6$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 231,941 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

[34] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahl Schmiedebauteil. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a255934e-5461-4501-9acf-20ad1b51b044&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a255934e-5461-4501-9acf-20ad1b51b044&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### **6.3.2. 6b. RT/Fenstergriff (Messing)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Messing-Bauteil [35]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Messing materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [35] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [35]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [35]

### **Substitution**

Tab. Anhang 134: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fenstergriff (Messing) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Fenstergriff aus Messing der Masse m substituiert einen neuen Fenstergriff mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Fenstergriff (Messing) 1 Durchschnittsfenstergriff (Messing, m = 0,23 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

### **Annahmen**

- Zu substituierende historische Fenstergriffe sind aus Messing hergestellt.
- Ein Fenstergriff aus Messing der Masse m substituiert überwiegend Fenstergriffe gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Fenstergriffen aus Messing bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Masse m = 0,23 kg.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Messing - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Fenstergriff (Messing)‘ und ‚1 Durchschnittsfenstergriff (Messing, m = 0,23 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 135).

Tab. Anhang 135: GWP von Fenstergriffen (Messing)

Bestimmung	ÖBD [35]
Referenzfluss RF	GWP-RF je Bezugseinheit
1 kg Fenstergriff (Messing)	1,386 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittsfenstergriff (Messing, m = 0,23 kg)	0,319 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

Herstellerspezifisch wird die Masse m eines Durchschnittsfenstergriffes aus Messing mit m = 0,23 kg (Manufactum GmbH o. J.) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eines historischen Fenstergriffes aus Messing können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 1,386 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen historischen Fenstergriffes aus Messing der Masse m = 0,23 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 0,319 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[35] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Messing-Bauteil. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

**6.3.3. 7b. RT/Waschbecken (Grauguss)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

Datensatz:

- Grauguss Bauteil [32]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Grauguss materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [32] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [32]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [32]



## Substitution

Tab. Anhang 136: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Waschbecken (Grauguss) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Waschbecken aus Grauguss der Masse m substituiert ein neues Waschbecken mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Waschbecken (Grauguss) 1 Durchschnittswaschbecken (Grauguss, m = 25 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Zu substituierende historische Waschbecken sind aus Grauguss hergestellt bzw. gegossen.
- Ein Waschbecken aus Grauguss der Masse m substituiert überwiegend Waschbecken gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Waschbecken aus Grauguss bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Grauguss Bauteil (GG) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Waschbecken (Grauguss)‘ und ‚1 kg Durchschnittswaschbecken (Grauguss, m = 25 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 137).

Tab. Anhang 137: GWP von Waschbecken (Grauguss)

Bestimmung	ÖBD [32]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Waschbecken (Grauguss)</b>	1,635 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittswaschbecken (Grauguss, m = 25 kg)</b>	40,875 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eines historischen Waschbeckens aus Grauguss können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 1,635 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen historischen Waschbeckens aus Grauguss der Masse  $m = 25 \text{ kg}$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von  $40,875 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

#### Quelle

[32] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Grauguss Bauteil Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

#### 6.3.4. 7c RT/Waschbecken (Terrazzo)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

##### Datensatz:

- Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37 [36]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Beton materialspezifisch und zwar assoziativ betrachtet werden, denn der Datensatz „bezieht sich auf durchschnittliche Zusammensetzungen für Beton in Deutschland (...)“. [36]
- Er „beruht auf Daten, die in den Jahren 2016 von den Mitgliedern des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. und der Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e.V. erhoben wurden“ [36] und kann daher als repräsentativ betrachtet werden.

#### Substitution

Tab. Anhang 138: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Waschbecken (Terrazzo) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Waschbecken aus Terrazzo der Masse $m$ substituiert ein neues Waschbecken mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Waschbecken (Terrazzo) 1 Durchschnittswaschbecken (Terrazzo, $m = 40 \text{ kg}$ )	-
<b>RF ÖBD</b>	1 $\text{m}^3$ Konstruktionsbeton C 30/37 - 1.0 * 1.0 $\text{m}^3$ (Volumen)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho: 2.400 \text{ kg/m}^3$	-

#### Annahmen

- Zu substituierende Waschbecken sind aus Terrazzo hergestellt.
- Ein Waschbecken aus Terrazzo der Masse  $m$  substituiert überwiegend Waschbecken gleicher bzw. ähnlicher Funktion.

- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Waschbecken aus Terrazzo bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat (produktspezifisch) die Masse  $m = 40 \text{ kg}$ .

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚1 m<sup>3</sup> Konstruktionsbeton C 30/37 - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Waschbecken (Terrazzo)‘ und ‚1 kg Durchschnittswaschbecken (Terrazzo, m = 40 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 139).

Tab. Anhang 139: GWP von Waschbecken (Terrazzo)

Bestimmung	ÖBD [36]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Waschbecken (Terrazzo)	0,091 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittswaschbecken (Terrazzo, m = 40 kg)	3,65 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 m <sup>3</sup> Konstruktionsbeton C 30/37 - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen) [ÖBD]	219 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 219 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 an. Mit einer Rohdichte von 2.400 kg/m<sup>3</sup> entspricht dies einem GWP von 0,091 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Beton (C30/37). Produktspezifisch wird angenommen, dass die Masse des Waschbeckens aus Terrazzo  $m = 40 \text{ kg}$  entspricht. Die liefert ein GWP in Höhe von 3,65 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je beschriebenem Bauteil.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1 \text{ kg}$  eines Waschbeckens aus Terrazzo können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,091 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Waschbeckens aus Terrazzo der Masse  $m = 40 \text{ kg}$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 3,65 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[36] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6096c9c-1248-4ce1-9c2d-f4a48aade80f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6096c9c-1248-4ce1-9c2d-f4a48aade80f&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### 6.3.5. 8b. RT/Heizkörper (Grauguss)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Grauguss Bauteil [32]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Grauguss materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [32] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [32]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [32]

### **Substitution**

Tab. Anhang 140: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Heizkörper (Grauguss) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Heizkörper aus Grauguss der Masse m substituiert einen neuen Heizkörper mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Heizkörper (Grauguss) 1 Durchschnittsheizkörper (Grauguss, m = 98,7 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

### **Annahmen**

- Zu substituierende historische Heizkörper sind aus Grauguss hergestellt bzw. gegossen.
- Ein Heizkörper aus Grauguss der Masse m substituiert überwiegend Heizkörper gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Heizkörpern aus Grauguss bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Grauguss Bauteil (GG) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Heizkörper (Grauguss)‘ und ‚1 Durchschnittsheizkörper (Grauguss, m = 98,7 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 141).

Tab. Anhang 141: GWP von Heizkörper (Grauguss)

Bestimmung	ÖBD [32]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Heizkörper (Grauguss)	1,635 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittsheizkörper (Grauguss, m = 98,7 kg)	161,375 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg eines historischen Heizkörpers aus Grauguss können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 1,635 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen historischen Heizkörpers aus Grauguss der Masse  $m = 98,7$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 161,375 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[32] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Grauguss Bauteil Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

#### **6.3.6. 9c. Terrazzo-Fliesen**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37 [36]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Beton materialspezifisch und zwar assoziativ betrachtet werden, denn der Datensatz „bezieht sich auf durchschnittliche Zusammensetzungen für Beton in Deutschland (...)“. [36]
- Er „beruht auf Daten, die in den Jahren 2016 von den Mitgliedern des Bundesverbandes der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. und der Forschungsvereinigung der deutschen Beton- und Fertigteilindustrie e.V. erhoben wurden“ [36] und kann daher als repräsentativ betrachtet werden.

## Substitution

Tab. Anhang 142: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Terrazzo-Fliesen mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Terrazzo-Fliesen substituieren neue Terrazzo-Fliesen mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen (d = 2 cm)	-
<b>RF ÖBD</b>	1 m <sup>3</sup> Konstruktionsbeton C 30/37 - 1.0 * 1.0 m <sup>3</sup> (Volumen)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 2.400 kg/m <sup>3</sup>	-

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Terrazzo-Fliesen bestimmt.
- Die Dicke der Terrazzo-Fliesen wird mit d = 2 cm angenommen.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚1 m<sup>3</sup> Konstruktionsbeton C 30/37 - 1.0 \* 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen (d = 2 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 143).

Tab. Anhang 143: GWP von Terrazzo-Fliesen

Bestimmung	ÖBD [36]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 m<sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen (d = 2 cm)</b>	4,38 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 m<sup>3</sup> Konstruktionsbeton C 30/37 - 1.0 * 1.0 m<sup>3</sup> (Volumen) [ÖBD]</b>	219 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Der ÖBD-Datensatz gibt 219 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>3</sup> Beton der Druckfestigkeitsklasse C30/37 (Info-b o. J.) an. Mit einer Rohdichte von 2.400 kg/m<sup>3</sup> und Dicke d = 2 cm der Fliesen entspricht dies einem GWP von 4,38 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Terrazzo-Fliesen.

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Terrazzo-Fliesen der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 2 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 4,38 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[36] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6096c9c-1248-4ce1-9c2d-f4a48aade80f&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6096c9c-1248-4ce1-9c2d-f4a48aade80f&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### 6.3.7. 11b. Naturschieferindeckung

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Schiefer (Dicke 0,011 m) [27]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Schiefergestein materialspezifisch und zwar assoziativ betrachtet werden.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [27]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [27]

## Substitution

Tab. Anhang 144: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Naturschieferindeckung mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Naturschieferindeckung der Fläche A substituiert eine neue Naturschieferindeckung mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Naturschieferindeckung (d = 1,1 cm)	
<b>RF ÖBD</b>	Schiefer [m <sup>2</sup> ] - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Dicke d: 1,1 cm - Flächengewicht $\rho_A$ : 30,0 kg/m <sup>2</sup>	

## Annahmen

- Eine Naturschieferindeckung substituiert überwiegend Naturschieferindeckungen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Naturschieferindeckungen bestimmt.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Schiefer [m<sup>2</sup>] - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ sowohl für die überwiegende. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Naturschiefereindeckung (d = 1,1 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 145).

Tab. Anhang 145: GWP von Naturschiefereindeckungen

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [27]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 m<sup>2</sup> Naturschiefereindeckungen (d = 1,1 cm)</b>	15,04 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution einer Naturschiefereindeckung der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 1,1 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 15,04 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

[27] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Schiefer (Dicke 0,011 m). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9049a94f-a527-4d87-a4b9-5a3a56f5ea19&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9049a94f-a527-4d87-a4b9-5a3a56f5ea19&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### **6.3.8. 13c. RT/Zaun (Stahl)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

### Datensatz:

- Stahlprofil [33]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Stahlprofil materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [33] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [33]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [33]



## Substitution

Tab. Anhang 146: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Zaun (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Zaun aus Stahl der Masse m substituiert einen neuen Zaun mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Zaun (Stahl) 1 Durchschnittszaun (Stahl, m = 66 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 7850,0 kg/m <sup>3</sup>	-

## Annahmen

- Zu substituierende Zäune sind aus Stahlprofilen hergestellt.
- Ein Zaun aus Stahl der Masse m substituiert überwiegend Zäune gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Zäunen aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahlprofil - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Zaun (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittszaun (Stahl, m = 66 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 147).

Tab. Anhang 147: GWP von Zäunen (Stahl)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [33]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Zaun (Stahl)</b>	0,994 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittszaun (Stahl, m = 66 kg)</b>	65,63 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eines Zauns aus Stahlprofilen können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 0,994 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Zauns aus Stahl der Masse m = 66 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 65,63 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[33] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahlprofil. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### 6.3.9. 13d. RT/Gartentor (Stahl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahlprofil [33]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Stahlprofil materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [33] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [33]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [33]

## Substitution

Tab. Anhang 148: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Gartentor (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Gartentor aus Stahl der Masse $m$ substituiert ein neues Gartentor mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Gartentor (Stahl) 1 Durchschnittsgartentor (Stahl, $m = 40$ kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 7850,0 kg/m <sup>3</sup>	-

## Annahmen

- Zu substituierende Gartentore sind aus Stahlprofilen hergestellt.
- Ein Gartentor aus Stahl der Masse  $m$  substituiert überwiegend Gartentore gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Gartentoren aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse  $m$  einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahlprofil - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Gartentor (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittgartentor (Stahl, m = 40 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 149).

Tab. Anhang 149: GWP von Gartentor (Stahl)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [33]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Gartentor (Stahl)</b>	0,994 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittgartentor (Stahl, m = 40 kg)</b>	39,776 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eines Gartentors aus Stahlprofilen können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,994 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen Gartentors aus Stahl der Masse m = 40 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 39,776 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

[33] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahlprofil. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### **6.3.10. 14.a RT/Türdrückergarnitur (Messing)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Messing-Bauteil [35]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Messing materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [35] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [35]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [35]

## Substitution

Tab. Anhang 150: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Türdrückergarnitur (Messing) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Türdrückergarnitur aus Messing der Masse m substituiert eine neue Türdrückergarnitur mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Türdrückergarnitur (Messing) 1 Türdrückergarnitur (Messing, m = 1,85 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Zu substituierende historische Türdrückergarnituren sind aus Messing hergestellt.
- Eine Türdrückergarnitur aus Messing der Masse m substituiert überwiegend Türdrückergarnituren gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Türdrückergarnituren aus Messing bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die produktspezifische Masse  $m = 1,85 \text{ kg}$ .

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Messing - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Türdrückergarnitur (Messing)‘ und ‚1 Türdrückergarnitur (Messing, m = 1,85 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 151).

Tab. Anhang 151: GWP von Türdrückergarnituren (Messing)

Bestimmung	ÖBD [35]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Türdrückergarnitur (Messing)</b>	1,386 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Türdrückergarnitur (Messing, m = 1,85 kg)</b>	2,564 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Produktspezifisch wird die Masse m einer Durchschnittstürdrückergarnitur aus Messing mit  $m = 1,85 \text{ kg}$  (bizness rocket GmbH o. J.) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1 \text{ kg}$  einer historischen Türdrückergarnitur aus Messing können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 1,386 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen historischen Türdrückergarnitur aus Messing der Masse  $m = 1,85 \text{ kg}$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von  $2,564 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

#### Quelle

[35] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Messing-Bauteil. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

#### 6.3.11. 14.b RT/Türbandbeschlag (Messing)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

##### Datensatz:

- Messing-Bauteil [35]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Messing materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [35] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [35]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [35]

#### Substitution

Tab. Anhang 152: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Türbandbeschlag (Messing) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Türbandbeschlag aus Messing der Masse $m$ substituiert einen neuen Türbandbeschlag mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Türbandbeschlag (Messing) 1 Türbandbeschlag (Messing, $m = 0,74 \text{ kg}$ )	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

#### Annahmen

- Zu substituierende historische Türbandbeschläge sind aus Messing hergestellt.
- Ein Türbandbeschlag aus Messing der Masse  $m$  substituiert überwiegend Türbandbeschläge gleicher bzw. ähnlicher Funktion.

- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Türbandbeschlägen aus Messing bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Messing - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Türbandbeschlag (Messing)‘ und ‚1 Türbandbeschlag (Messing, m = 0,74 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 153).

Tab. Anhang 153: GWP von Türbandbeschlägen (Messing)

Bestimmung	ÖBD [35]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Türbandbeschlag (Messing)	1,386 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Türbandbeschlag (Messing, m = 0,74 kg)	1,026 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eines historischen Türbandbeschlages aus Messing können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 1,386 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen historischen Türbandbeschlages aus Messing der Masse m = 0,74 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 1,026 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[35] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Messing-Bauteil. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### 6.3.12. 15a. RT/Badewannen (Stahl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm) [37]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das warmgewalzte Stahlblech materialspezifisch betrachtet werden.

- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [37] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [37]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [37]

## Substitution

Tab. Anhang 154: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Badewanne (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Badewanne aus Stahl der Masse m substituiert eine neue Badewanne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Badewanne (Stahl) 1 Durchschnittsbadewanne (Stahl, m = 35 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Zu substituierende historische Badewannen sind aus Stahl hergestellt.
- Eine Badewanne aus Stahl der Masse m substituiert überwiegend Badewannen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Badewannen aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahl Feinblech (verzinkt) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Badewanne (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsbadewanne (Stahl, m = 35 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 155).

Tab. Anhang 155: GWP von Badewannen (Stahl)

Bestimmung	ÖBD [37]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Badewanne (Stahl)</b>	2,676 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsbadewanne (Stahl, m = 35 kg)</b>	93,66 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg einer Badewanne aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 2,676 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Badewanne aus Stahl der Masse  $m = 35$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 93,66 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### **Quelle**

[37] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 25.02.2021.

### **6.3.13. 15'a. RT/Duschwannen (Stahl)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm) [37]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das warmgewalzte Stahlblech materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [37] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [37]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [37]

### **Substitution**

Tab. Anhang 156: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Duschwanne (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Duschwanne aus Stahl der Masse $m$ substituier eine neue Duschwanne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Duschwanne (Stahl) 1 Durchschnittsduschwanne (Stahl, $m = 19,5$ kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

### **Annahmen**

- Zu substituierende historische Duschwannen sind aus Stahl hergestellt.



- Eine Duschwanne aus Stahl der Masse m substituiert überwiegend Duschwannen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Duschwannen aus Stahl bestimmt.
- Die Masse des Durchschnittstyp beträgt produktspezifisch  $m = 19,5$  kg.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahl Feinblech (verzinkt) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Duschwanne (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsduschwanne (Stahl, m = 19,5 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 157).

Tab. Anhang 157:GWP von Duschwannen (Stahl)

Bestimmung	ÖBD [37]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Duschwanne (Stahl)	2,676 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittsduschwanne (Stahl, m = 19,5 kg)	52,182 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Produktspezifisch wird die Masse m einer Duschwanne aus Stahl mit  $m = 19,5$  kg (Hornbach 2021) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg einer Duschwanne aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 2,676 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Duschwanne aus Stahl der Masse  $m = 19,5$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 52,182 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[37] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 25.02.2021.

### 6.3.14. 15c. RT/Badewannen (Grauguss)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Grauguss Bauteil [32]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Grauguss materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [32] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [32]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [32]

### **Substitution**

Tab. Anhang 158: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Badewanne (Grauguss) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Badewanne aus Grauguss der Masse m substituiert eine neue Badewanne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Badewanne (Grauguss) 1 Durchschnittsbadewanne (Grauguss, m = 145 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

### **Annahmen**

- Zu substituierende historische Badewannen sind aus Grauguss hergestellt bzw. gegossen.
- Eine Badewanne aus Grauguss der Masse m substituiert überwiegend Badewannen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Badewannen aus Grauguss bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Masse  $m = 0,23$  kg.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Grauguss Bauteil (GG) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Badewanne (Grauguss)‘ und ‚1 Durchschnittsbadewanne (Grauguss, m = 35 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 159).

Tab. Anhang 159: GWP von Badewannen (Grauguss)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [32]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Badewanne (Grauguss)</b>	1,635 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsbadewanne (Grauguss, m = 145 kg)</b>	237,075 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Herstellerspezifisch wird die Masse m einer Durchschnittstürdrückgarnitur aus Messing mit m = 145 kg (Welt der Bäder S.L. 2021) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg einer Badewanne aus Grauguss können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 1,635 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Badewanne aus Grauguss der Masse m = 145 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 237,075 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[32] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Grauguss Bauteil. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021

#### **6.3.15. 15'c. RT/Duschwannen (Grauguss) Gewicht anzupassen**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Grauguss Bauteil [32]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Grauguss materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [32] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine *materialspezifisch assoziative Zuordnung* möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [32]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [32]

## Substitution

Tab. Anhang 160: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Duschwanne (Grauguss) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Duschwanne aus Grauguss der Masse m substituiert eine neue Duschwanne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Duschwanne (Grauguss) 1 Durchschnittsduschwanne (Grauguss, m = 19,5 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

## Annahmen

- Zu substituierende historische Duschwannen sind aus Grauguss hergestellt bzw. gegossen.
- Eine Duschwanne aus Grauguss der Masse m substituiert überwiegend Duschwannen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Duschwannen aus Grauguss bestimmt.
- Die Masse des Durchschnittstypen entspricht der Masse des Durchschnittstypen aus Stahl mit m = 19,5 kg.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Grauguss Bauteil (GG) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Duschwanne (Grauguss)‘ und ‚1 Durchschnittsduschwanne (Grauguss, m = 35 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 161).

Tab. Anhang 161: GWP von Duschwannen (Grauguss)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [32]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Duschwanne (Grauguss)</b>	1,635 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsduschwanne (Grauguss, m = 19,5 kg)</b>	31,883 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Da weder die Bauteilliste noch die Internetrecherche die Masse einer Grauguss-Duschwanne liefern, wird die Masse der Stahl-Duschwanne in Höhe von 19,5 kg herangezogen.

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg einer Duschwanne aus Grauguss können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 1,635 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Duschwanne aus Grauguss der Masse  $m = 19,5 \text{ kg}$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von  $31,883 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

#### Quelle

[32] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Grauguss Bauteil. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dbc94e02-b28f-43eb-8133-a161e9b83dfa&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021

#### 6.3.16. 16d. RT/Fensterfunktionsbeschläge (Messing)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

##### Datensatz:

- Messing-Bauteil [35]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Messing materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [35] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [35]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [35]

#### Substitution

Tab. Anhang 162: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Fensterfunktionsbeschlag (Messing) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Fensterfunktionsbeschlag aus Messing der Masse $m$ substituiert einen neuen Fensterfunktionsbeschlag mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Fensterfunktionsbeschlag (Messing) 1 Fensterfunktionsbeschlag (Messing, $m = 0,23 \text{ kg}$ )	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	-	-

#### Annahmen

- Zu substituierende historische Fensterfunktionsbeschläge sind aus Messing hergestellt.
- Ein Fensterfunktionsbeschlag aus Messing der Masse  $m$  substituiert überwiegend Fensterfunktionsbeschläge gleicher bzw. ähnlicher Funktion.

- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterfunktionsbeschlägen aus Messing bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Masse  $m = 0,23$  kg.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Messing - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Fensterfunktionsbeschlag (Messing)‘ und ‚1 Fensterfunktionsbeschlag (Messing,  $m = 0,23$  kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 163).

Tab. Anhang 163: GWP von Fensterfunktionsbeschlägen (Messing)

Bestimmung	ÖBD [35]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Fensterfunktionsbeschlag (Messing)	1,386 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Fensterfunktionsbeschlag (Messing, $m = 0,23$ kg)	0,319 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Herstellerspezifisch wird die Masse  $m$  einer Durchschnittstürdrückgarnitur aus Messing mit  $m = 0,23$  kg (Produktgesellschaft mbH & Co. KG o. J.) angenommen, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg eines Fensterfunktionsbeschlages aus Messing können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 1,386 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution eines durchschnittlichen historischen Fensterfunktionsbeschlages aus Messing der Masse  $m = 0,23$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 0,319 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[35] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Messing-Bauteil. Online verfügbar unter [https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### 6.3.17. 17b. RT/Heizkörperverkleidung (Stahl)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm) [37]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das warmgewalzte Stahlblech materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [37] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [37]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [37]

### **Substitution**

Tab. Anhang 164: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Heizkörperverkleidung (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Heizkörperverkleidung aus Stahl der Masse m substituiert eine neue Heizkörperverkleidung mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Heizkörperverkleidung (Stahl) 1 Durchschnittsheizkörperverkleidung (Stahl, m = 18,3 kg)	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 7850,0 kg/m <sup>3</sup>	-

### **Annahmen**

- Zu substituierende Heizkörperverkleidungen sind aus warmgewalztem Stahlblech hergestellt.
- Eine Heizkörperverkleidungen aus Stahl der Masse m substituiert überwiegend Heizkörperverkleidungen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Heizkörperverkleidungen aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahl Feinblech (verzinkt) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Heizkörperverkleidung (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsheizkörperverkleidung (Stahl, m = 18,3 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 165).

Tab. Anhang 165: GWP von Heizkörperverkleidungen (Stahl)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [37]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Heizkörperverkleidung (Stahl)</b>	2,676 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsheizkörperverkleidung (Stahl, m = 18,3 kg)</b>	48,971 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg einer Heizkörperverkleidung aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 2,676 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Heizkörperverkleidung aus Stahl der Masse  $m = 18,3$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 48,971 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[37] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 25.02.2021.

#### **6.3.18. 19b. Fensterbank (Aluminium)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Aluminiumblech [38]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Aluminiumblech materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [38] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [38]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [38]



## Substitution

Tab. Anhang 166: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fensterbank (Aluminium) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Fensterbank aus Aluminium des Volumen V substituiert eine neue Fensterbank mit vergleichbarer Funktion.	n. a
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Fensterbank (Aluminium, t = 20 cm) 1 Fensterbank (Aluminium, l = 1,5 m, t = 20 cm)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 2700,0 kg/m <sup>3</sup>	

## Annahmen

- Zu substituierende Fensterbänke sind aus Aluminium hergestellt.
- Eine Fensterbank aus Aluminium der Länge l und Tiefe t = 20 cm substituiert überwiegend Fensterbänke gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Fensterbänken aus Aluminium bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Länge l = 1,5 m mit einer Tiefe von t = 0,2 m.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Aluminium (eloxiert, m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Fensterbank (Aluminium, t = 20 cm)‘ und ‚1 Durchschnittsfensterbank (Aluminium, l = 1,5 m, t = 20 cm)‘ (vgl. Tab. Anhang 167).

Tab. Anhang 167: GWP von Fensterbänken (Aluminium) und Aluminiumblech

	Bestimmung	ÖBD [38]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend:</b>		
- bestimmt	1 m Fensterbank (Aluminium, t = 20 cm)	2,142 CO <sub>2</sub> -Äq.
	1 Durchschnittsfensterbank (Aluminium, l = 1,5 m, t = 20 cm)	3,243 CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Aluminium (eloxiert, m <sup>2</sup> ) - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	6,119 CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Da ÖBD 6,119 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Aluminiumblech angibt, muss für den laufenden Meter Fensterbank die Fläche A bestimmt werden. Hierfür gilt Folgendes:

Um das GWP von 1 m<sup>2</sup> Fensterbank mit jeweils 20 cm Ausladung bzw. Tiefe t zu bestimmen, muss die Gesamtoberfläche einschließlich Anschraubkante  $k_1 = 11$  cm und Tropfkante  $k_2 = 4$  cm berücksichtigt werden. Hieraus ergibt sich eine Gesamtbreite b mit  $b = k_1 + t + k_2 = 35$  cm.

---

Damit besitzt ein laufender Meter die Fläche  $A_{LM} = 0,35 \text{ m}^2$ . Eine Fensterbank mit der Länge  $l = 1,5 \text{ m}$  besitzt die Fläche  $A_{FB} = 0,53 \text{ m}^2$ . Daher ergibt sich ein GWP in Höhe von 2,142 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente für 1 m Fensterbank und 3,243 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente für eine Fensterbank.

Produktspezifisch werden die benötigten Maße der Fensterbank (BBS Bau-Systeme Service GmbH 2016) zur Berechnung der Fläche bestimmt, da die Bauteilliste keine Informationen hierzu liefert.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Länge  $l = 1 \text{ m}$  und Tiefe  $t = 20 \text{ cm}$  einer Fensterbank aus Aluminium können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 2,142 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Fensterbank aus Aluminium der Länge  $l = 1,5 \text{ m}$  und Tiefe  $t = 20 \text{ cm}$  können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 3,243 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[38] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Eloxiertes Aluminiumblech. Online verfügbar unter [https://oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ecf20fae-fe11-41ad-b248-8b4118fd7cc7&version=20.19.120&stock=OBD\\_2021\\_II&lang=de](https://oeko-baudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ecf20fae-fe11-41ad-b248-8b4118fd7cc7&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de), zuletzt geprüft am 10.07.2021.

#### **6.3.19. 21b. Metalltreppe (Stahl)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahlprofil [33]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Stahlprofil materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [33] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [33]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [33]

## Substitution

Tab. Anhang 168: Bestimmung des GWP einer Metalltreppe mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Metalltreppe der Masse m substituiert ein neue Metalltreppe mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Metalltreppe (Stahl) 1 Durchschnittsmetalltreppe (Stahl, m = 39,5 kg)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 7850,0 kg/m <sup>3</sup>	

## Annahmen

- Zu substituierende Metalltreppen sollen aus Stahlprofil hergestellt sein.
- Eine Metalltreppe aus Stahl der Masse m kann überwiegend Metalltreppen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Metalltreppen aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp ergibt sich aus der statistischen Erfassung mittels ‚Bauteilliste‘ bzw. Mittelwertbildung der Masse m einzelner Bauteile.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahlprofil - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Metalltreppe (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsmetalltreppe (Stahl, m = 39,5 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 169).

Tab. Anhang 169: GWP von Metalltreppe (Stahl)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [33]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Metalltreppe (Stahl)</b>	0,994 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 Durchschnittsmetalltreppe (Stahl, m = 39,5 kg)</b>	39,263 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg eine Metalltreppe aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,994 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Metalltreppe aus Stahl der Masse m = 39,5 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 39,236 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[33] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahlprofil. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

### 6.3.20. 22. Sandsteinstufe

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Natursteinplatte, weich, Fassade [21]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Naturstein (Sandstein bzw. Kalk) materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [21] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [21]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [21]

## Substitution

Tab. Anhang 170: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Sandsteinstufe mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Sandsteinstufe der Masse $m$ substituiert eine neue Sandsteinstufe mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Sandsteinstufe 1 Durchschnittssandsteinstufe ( $m = 136,5$ kg)	-
<b>RF ÖBD</b>	Natursteinplatte, weich, Fassade ( $m^2$ ) - $1.0 * 1.0$ qm (Fläche)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : $2.600$ kg/ $m^3$	-

## Annahmen

- 1 kg Sandsteinstufen substituieren überwiegend 1 kg Sandsteinstufen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Sandsteinstufen bestimmt.
- Die Maße (Höhe x Breite x Länge) dieser Sandsteinstufen betragen: 15 cm x 35 cm x 100 cm.
- Der produktspezifische Durchschnittstyp hat die Masse  $m = 136,5$  kg.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Natursteinplatte, weich, Fassade (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Sandsteinstufe‘ und ‚1 Durchschnittssandsteinstufe (m = 136,5 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 171).

Tab. Anhang 171: GWP von Sandsteinstufen

Bestimmung	ÖBD [21]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Sandsteinstufe	0,156 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittssandsteinstufe (m = 136,5 kg)	21,294 CO <sub>2</sub> -Äq.
Natursteinplatte, weich, Fassade (m <sup>2</sup> ) - 1.0 * 1.0 qm (Fläche) [ÖBD]	16,23 CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit, RT = Referenztyp

ÖBD liefert zu dem Referenzfluss ‚Natursteinplatte, weich, Fassade‘ mit Flächengewicht von 104 kg/m<sup>2</sup> und der Dicke d = 4 cm das GWP in Höhe von 16,23 CO<sub>2</sub>-Äq. Dies entspricht umgerechnet mit einer Rohdichte von 2.600 kg/m<sup>3</sup> 0,156 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je kg Sandsteinstufe. Bei einem Volumen von 0,053 m<sup>3</sup> für eine Sandsteintreppe (Höhe x Breite x Länge: 15 cm x 35 cm x 100 cm) (Natursteinpark Ruhr o. J.) wiegt diese 136,5 kg (Durchschnittstyp).

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse m = 1 kg einer Sandsteinstufe können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 0,156 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Sandsteinstufe der Masse m = 136,5 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 21,294 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

### Quelle

[21] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, weich, Fassade. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### 6.3.21. 24. Fallrohr (Aluminium)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Eloxiertes Aluminiumblech [38]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Aluminiumblech materialspezifisch betrachtet werden.

- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [38] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [38]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [38]

## Substitution

Tab. Anhang 172: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Fallrohr (Aluminium) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Fallrohr aus Aluminium der Masse m substituiert ein neues Fallrohr mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Fallrohr (Aluminium, d = 10 cm)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Rohdichte: 2700,0 kg/m <sup>3</sup>	

## Annahmen

- Zu substituierende Fallrohre sind aus Aluminiumblech hergestellt.
- Ein Fallrohr aus Aluminiumblech substituiert überwiegend Fallrohre gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Fallrohren aus Aluminium bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Länge l = 1 m und den Durchmesser d = 10 cm.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Aluminium (eloxiert, m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Fallrohr (Aluminium, d = 10 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 173).

Tab. Anhang 173: GWP von Fallrohren (Aluminium)

	Bestimmung	ÖBD [38]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>		
- bestimmt	1 m Fallrohr (Aluminium, d = 10 cm)	1,921 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Aluminium (eloxiert, m <sup>2</sup> ) - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	6,119 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Das Produktdatenblatt eines Fallrohrherstellers gibt für ein Fallrohr aus Aluminium der Länge  $l = 1$  m den Durchmesser  $d = 10,5$  cm an (Dachrinnen-Shop GmbH 2020b). Da der ÖBD-Datensatz 6,119 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je m<sup>2</sup> Aluminiumblech angibt, entspricht dies einem GWP von 1,921 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für das beschriebene Bauteil (mit Radius  $r = 5$  cm, Umfang  $u = 31,4$  cm und Länge  $l = 1$  m bzw.) mit Fläche  $A = 0,341$  m<sup>2</sup>.

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution eines Fallrohres aus Aluminium mit Länge  $l = 1$  m und Durchmesser  $d = 10$  cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 1,921 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

**Quelle**

[38] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Eloxiertes Aluminiumblech. Online verfügbar unter [https://oekoaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uud=ecf20fae-fe11-41ad-b248-8b4118fd7cc7&version=20.19.120&stock=OBD\\_2021\\_II&lang=de](https://oekoaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uud=ecf20fae-fe11-41ad-b248-8b4118fd7cc7&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de), zuletzt geprüft am 10.07.2021.

**6.3.22. 25. Dachrinne (Aluminium)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

Datensatz:

- Eloxiertes Aluminiumblech [38]

Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Aluminiumblech materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [38] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [38]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [38]

**Substitution**

Tab. Anhang 174: Beschreibung der Bauteilsubstitution - Dachrinne (Aluminium) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch</b>
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Dachrinne aus Aluminium der Masse $m$ substituiert eine neue Dachrinne mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Dachrinne (Aluminium, $d = 10,5$ cm)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $2700,0$ kg/m <sup>3</sup>	

## Annahmen

- Zu substituierende Dachrinnen sind aus Aluminiumblech hergestellt.
- Eine Dachrinne aus Aluminiumblech substituiert überwiegend Dachrinnen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Dachrinnen aus Aluminium bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Länge  $l = 1$  m und den Durchmesser  $d = 10$  cm.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Aluminium (eloxiert,  $m^2$ ) -  $1.0 * 1.0$  qm (Fläche)‘ für die überwiegende Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Dachrinne (Aluminium,  $d = 10,5$  cm) bestimmt (vgl. Tab. Anhang 175).

Tab. Anhang 175: GWP von Dachrinnen (Aluminium) und Aluminiumblechen

	Bestimmung	ÖBD [38]
<b>Bauteilsubstitution</b>	Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
<b>Überwiegend</b>		
- bestimmt	1 m Dachrinne (Aluminium, $d = 10,5$ cm)	0,961 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
- ÖBD	Aluminium (eloxiert, $m^2$ ) - $1.0 * 1.0$ qm (Fläche)	6,119 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Das Produktdatenblatt eines Dachrinnenherstellers gibt für eine Dachrinne aus Aluminium der Länge  $l = 1$  m den Durchmesser  $d = 10,5$  cm an (Dachrinnen-Shop GmbH 2020a). Die Dachrinne wird im Folgenden als halbes Rohr angenommen. Da der ÖBD-Datensatz 6,119 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je  $m^2$  Aluminiumblech angibt, entspricht dies einem GWP von 0,961 kg CO<sub>2</sub>-Äq. für das beschriebene Bauteil (mit Radius  $r = 5$  cm, Umfang  $u / 2 = 31,4 / 2$  cm und Länge  $l = 1$  m bzw.) mit Fläche  $A = 0,157$   $m^2$ .

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution einer Dachrinne aus Aluminiumblech mit Länge  $l = 1$  m und Durchmesser  $d = 10,5$  cm können unter den genannten Annahmen Treibhausmissionen in Höhe von 0,961 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

## Quelle

[38] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Eloxiertes Aluminiumblech. Online verfügbar unter [https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=ecf20fae-fe11-41ad-b248-8b4118fd7cc7&version=20.19.120&stock=OBD\\_2021\\_II&lang=de](https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uid=ecf20fae-fe11-41ad-b248-8b4118fd7cc7&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de), zuletzt geprüft am 10.07.2021.

### 6.3.23. 27b. Kopfsteinpflaster (Granit)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

### Datensatz:

- Natursteinplatte, hart, Außenbereich (Dicke 0,08 m) [39]



### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch die Natursteinplatte (Granit) materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [39] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [39]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [39]

### **Substitution**

Tab. Anhang 176: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Kopfsteinpflaster (Granit) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Kopfsteinpflaster aus Granit substituieren neue Kopfsteinpflaster mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Kopfsteinpflaster (Granit, d = 8 cm)	-
<b>RF ÖBD</b>	Natursteinplatte, hart, Fassade (m <sup>2</sup> ) - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 208,0 kg/m <sup>2</sup>	-

### **Annahmen**

- 1 m<sup>2</sup> Kopfsteinpflaster aus Granit substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Kopfsteinpflaster gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Kopfsteinpflastern aus Granit bestimmt.
- Die Dicke d eines Kopfsteinpflasters beträgt 8 cm.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Natursteinplatte, hart, Fassade (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Kopfsteinpflaster (Granit, d = 8 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 177).

Tab. Anhang 177: GWP von Kopfsteinpflastern (Granit)

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [39]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE* (m <sup>2</sup> )
<b>1 m<sup>2</sup> Kopfsteinpflaster (Granit, d = 8 cm)</b>	5,735 CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Kopfsteinpflastern aus Granit der Fläche A = 1 m<sup>2</sup> und Dicke d = 8 cm können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von 5,735 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[39] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, hart, Außenbereich (Dicke 0,08 m). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=da4b704a-c901-414f-943f-8e1ff0f4566c&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=da4b704a-c901-414f-943f-8e1ff0f4566c&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 25.02.2021.

#### 6.3.24. 27c. Pflastersteine (Sandstein)

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

##### Datensatz:

- Natursteinplatte, weich, Fassade [21]

##### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch den Naturstein (Sandstein bzw. Kalk) materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [21] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [21]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [21]

## Substitution

Tab. Anhang 178: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Pflasterstein (Sandstein) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Ein Quadratmeter gebrauchter Pflasterstein aus Sandstein substituieren Pflastersteine mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m <sup>2</sup> Pflasterstein (Sandstein, d = 5,5 cm)	-
<b>RF ÖBD</b>	Natursteinplatte, weich, Fassade (m <sup>2</sup> ) - 1.0 * 1.0 qm (Fläche)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Flächengewicht $\rho_A$ : 104,0 kg/m <sup>2</sup>	-

## Annahmen

- 1 m<sup>2</sup> Pflastersteine aus Sandstein substituieren überwiegend 1 m<sup>2</sup> Pflastersteine gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Pflastersteinen aus Sandstein bestimmt.
- Die Dicke d eines Pflastersteins beträgt 5,5 cm.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Natursteinplatte, weich, Fassade (m<sup>2</sup>) - 1.0 \* 1.0 qm (Fläche)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m<sup>2</sup> Pflasterstein (Sandstein, d = 5,5 cm)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 179).

Hierbei ist zu beachten, dass die Dicke d in ÖBD mit 4 cm angegeben wird, jedoch kann diese ebenfalls nutzerspezifisch bestimmt werden. So ist bei unterschiedlicher Dickenordnung stets der Umrechnungsfaktor zu beachten. Unter Betrachtung der Annahme wird das GWP für Pflastersteine der Dicke d = 5,5 cm.

Tab. Anhang 179: GWP von Pflastersteinen (Sandstein)

Bestimmung	ÖBD [21]	Umrechnung	Rechnung
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*	Umrechnungsfaktor: $d_{nutzerspezif.} / d_{\text{ÖBD}}$	GWP-RF <sub>best</sub>
<b>1 m<sup>2</sup> Pflasterstein (Sandstein, d = 5,5 cm)</b>	16,23 kg CO <sub>2</sub> -Äq.	5,5 cm / 4,0 cm = 1,375	1,375 x 16,23 = 22,316 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit, RT = Referenztyp

ÖBD liefert zu dem Referenzfluss 16,23 kg CO<sub>2</sub>-Äq. bei einer Dicke d = 4 cm des Sandsteines. Dies entspricht umgerechnet 22,316 kg CO<sub>2</sub>-Äq. je für einen 5,5 cm (KANN Bausysteme GmbH o. J.) hohen Pflasterstein aus Sandstein.

### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution von Pflastersteinen aus Sandsteinen der Fläche  $A = 1 \text{ m}^2$  und Dicke  $d = 5,5 \text{ cm}$  können unter den genannten Annahmen Treibhausemissionen in Höhe von  $22,316 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}$  assoziiert werden.

### **Quelle**

[21] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Natursteinplatte, weich, Fassade. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=79075297-4dc0-42c6-bc90-e3bf9fa0fb4c&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 02.02.2021.

### **6.3.25. 28. Garagenschwinger (Stahl)**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

### Datensatz:

- Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm) [37]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das warmgewalzte Stahlblech materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [37] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [37]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [37]

### **Substitution**

Tab. Anhang 180: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Garagenschwinger (Stahl) mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchtes Garagenschwinger aus Stahl der Masse $m$ substituier ein neues Garagenschwinger mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 kg Garagenschwinger (Stahl) 1 Durchschnittsgaragenschwinger (Stahl, $m = 200 \text{ kg}$ )	-
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho: 7850,0 \text{ kg/m}^3$	-

### **Annahmen**

- Zu substituierende Garagenschwinger sind aus warmgewalztem Stahlblech hergestellt.

- Ein Garagenschwinger aus Stahl der Masse  $m$  substituiert überwiegend Garagenschwinger gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Garagenschwingern aus Stahl bestimmt.
- Der Durchschnittstyp hat die Masse  $m = 200$  kg.

### Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahl Feinblech (verzinkt) - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 kg Garagenschwinger (Stahl)‘ und ‚1 Durchschnittsgaragenschwinger (Stahl,  $m = 200$  kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 181).

Tab. Anhang 181: GWP von Garagenschwingern (Stahl)

Bestimmung	ÖBD [37]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Garagenschwinger (Stahl)	2,676 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 Durchschnittsgaragenschwinger (Stahl, $m = 200$ kg)	535,2 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Ein Journal nennt das Durchschnittsgewicht eines Garagenschwingers in Höhe von 200 kg (about:publishing GmbH 2020).

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution der Masse  $m = 1$  kg eines Garagenschwingers aus Stahl können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 2,676 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

Mit der überwiegenden Substitution einer durchschnittlichen Garagenschwingers aus Stahl der Masse  $m = 200$  kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausmissionen in Höhe von 535,2 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### Quelle

[37] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahl warmgewalzte Bleche (2-20mm). Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD\\_2020\\_II&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=531ab34f-6750-41a8-aedc-35cf4df3c8b1&stock=OBD_2020_II&lang=de), zuletzt geprüft am 25.02.2021.

### 6.3.26. 31a. Stahlträger

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahlprofil [33]

### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Stahlprofil materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [33] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [33]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [33]

### **Substitution**

Tab. Anhang 182: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Stahlträger mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	<b>Überwiegend</b>	<b>Technisch möglich</b>
<b>Substitution</b>	Ein gebrauchter Stahlträger (HEA 200) der Länge $l$ und Masse $m$ substituiert einen neuen Stahlträger mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Stahlträger (HEA 200, $m = 43$ kg)	-
<b>RF ÖBD</b>	Stahlprofil - 1.0 * 1.0 kg (Masse)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	Rohdichte $\rho$ : 7850,0 kg/m <sup>3</sup>	-

### **Annahmen**

- Ein HEA 200-Stahlträger der Länge  $l$  und der Masse  $m$  substituiert überwiegend Stahlträger gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Stahlträgern bestimmt.
- Die Masse  $m$  eines laufenden Meters HEA 200 Stahlprofils beträgt 43 kg.

### **Bestimmung des GWP**

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahlprofil - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Stahlträger (HEA 200,  $m = 43$  kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 183).

Tab. Anhang 183: GWP von Stahlträger

Bestimmung	ÖBD [33]
Referenzfluss RF	GWP-RF je BE*
1 kg Stahlprofil	0,994 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
1 m Stahlträger (HEA 200, m = 43 kg)	42,742 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Da ÖBD zu dem Referenzfluss 1 kg Stahlprofil 0,994 kg CO<sub>2</sub>-Äq. angibt, wurde die Masse mit m = 43 kg (Friz Metallbau AG o. J.) von einem Meter Stahlträger recherchiert.

#### Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution eines Stahlträgers der Länge l = 1 m und der Masse m = 43 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhousemissionen in Höhe von 42,742 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.

#### **Quelle**

[33] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahlprofil. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

#### **6.3.27. 31b. Stahlstütze**

Die Datensatz-Zuordnung erfolgt materialspezifisch assoziativ.

#### Datensatz:

- Stahlprofil [33]

#### Begründung:

- Eine bauteilspezifische Zuordnung ist nicht möglich, da ÖBD keinen exakt passenden Datensatz zum konkreten Bauteil enthält. Es konnte daher nur die Substitution durch das Stahlprofil materialspezifisch betrachtet werden.
- „Das Produkt wird im Baubereich verwendet.“ [33] Die Informationen des Datensatzes sind somit nicht ausreichend, weshalb eine materialspezifisch assoziative Zuordnung möglich ist.
- „Der Datensatz bildet die länderspezifische Situation in Deutschland ab. Dabei werden Haupttechnologien, spezifische regionale Charakteristiken und ggf. Importstatistiken berücksichtigt.“ [33]
- „Er kann verwendet werden, um die Lieferkette [(hier: Herstellung)] des jeweiligen Produktes in einer repräsentativen Weise zu charakterisieren.“ [33]

## Substitution

Tab. Anhang 184: Beschreibung der Bauteilsubstitution – Stahlstütze mittels Annahme zur überwiegenden und technisch möglichen Substitution

	Überwiegend	Technisch möglich
<b>Substitution</b>	Eine gebrauchte Stahlstütze (HEA 200) der Länge l und Masse m substituiert eine neue Stahlstütze mit vergleichbarer Funktion.	n. a.
<b>Referenzfluss RF</b>	1 m Stahlstütze (HEA 200, m = 43 kg)	-
<b>RF ÖBD</b>	Stahlprofil - 1.0 * 1.0 kg (Masse)	
<b>Technische Daten (ÖBD)</b>	- Rohdichte $\rho$ : 7850,0 kg/m <sup>3</sup>	-

## Annahmen

- Ein HEA 200-Stahlstütze der Länge l und der Masse m substituiert überwiegend eine Stahlstützen gleicher bzw. ähnlicher Funktion.
- Unter Annahme einer vergleichbaren Modellierung der Bauteilproduktion zur Materialherstellung, wird die entsprechende Datensatz-Zuordnung als materialspezifisch assoziativ definiert und für den Herstellungsprozess von Stahlstützen bestimmt.
- Die Masse m eines laufenden Meters HEA 200 Stahlprofils beträgt 43 kg.

## Bestimmung des GWP

Die Datensatzinformationen aus ÖBD liefern das GWP des Referenzflusses ‚Stahlprofil - 1.0 \* 1.0 kg (Masse)‘ für die überwiegende Substitution. Im Folgenden wird der Referenzfluss zu ‚1 m Stahlstütze (HEA 200, m = 43 kg)‘ bestimmt (vgl. Tab. Anhang 185).

Tab. Anhang 185: GWP von Stahlstützen

<b>Bestimmung</b>	ÖBD [33]
<b>Referenzfluss RF</b>	GWP-RF je BE*
<b>1 kg Stahlprofil</b>	0,994 kg CO <sub>2</sub> -Äq.
<b>1 m Stahlstütze (HEA 200, m = 43 kg)</b>	42,742 kg CO <sub>2</sub> -Äq.

\*BE = Bezugseinheit

Da ÖBD zu dem Referenzfluss 1 kg Stahlprofil 0,994 kg CO<sub>2</sub>-Äq. angibt, wurde die Masse mit m = 43 kg (Friz Metallbau AG o. J.) von einem Meter Stahlstütze recherchiert.

## Ergebnis:

Mit der überwiegenden Substitution einer Stahlstütze der Länge l = 1 m und der Masse m = 43 kg können unter den genannten Annahmen vermiedene Treibhausemissionen in Höhe von 42,742 kg CO<sub>2</sub>-Äq. assoziiert werden.



---

## Quelle

- [33] ÖKOBAUDAT (2018): Prozess-Datensatz: Stahlprofil. Online verfügbar unter [https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD\\_2021\\_I&lang=de](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=38051c22-fbd1-4b0e-944a-ae348b8c7695&stock=OBD_2021_I&lang=de), zuletzt geprüft am 18.02.2021.

---

## 7. Geschäftsmodellentwicklung

---

### 7.1. Fragen Business Model Canvas

#### Customer Segments / Kundensegmente

1. For whom are we creating value? / Für wen schaffen wir Wert?
  - Architekt:innen
  - Bauherr:innen
  - Baufirmen
  - Handwerker:innen
  - Neue Möglichkeiten für Raum- und Stadtplanung / Raum- und Stadtplaner:innen
  - Eigentümer:innen leerstehender Immobilien
2. Who are our most important customers? / Wer sind unsere wichtigsten Kunden?
  - Architekt:innen
  - Bauherr:innen
  - Baufirmen
  - Handwerker:innen

#### Value Propositions / Wertversprechen

3. What value do we deliver to the customer? / Welchen Wert liefern wir dem Kunden?
  - Naturnahe Baumaterialien z. B. Bruchsteine, Holzbalken, Ziegel
  - Wiederverwendbarer Bauteile und verwertbarer Baumaterialien
  - Reduzierte Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen (Bodenschätze und Fläche) im ländlichen Raum
  - Sinnvolle Nutzung von Gebäuden, die als struktureller Leerstand keine wirtschaftliche Nachfolgenutzung finden
  - Schaffung neuer Entwicklungsmöglichkeiten in ländlichen Siedlungen
  - Steigenden Bedarf von Baustoffen durch Sekundärrohstoffe abdecken
  - Optimierung Stoffstrommanagement
  - Umstrukturierung von defizitären Bereichen im Siedlungsbestand im Sinne der Innenentwicklung
  - Reduzierte Flächeninanspruchnahme für Deponieflächen
4. Which one of our customer's problems are we helping to solve? / Welches Problem unserer Kunden lösen wir?
  - Regionale und zeitliche Disparitäten zwischen Nachfrage und Angebot mineralischer Baumaterialien
  - Förderung stadtreionaler Flächenkreislaufwirtschaft
  - Bedarf an Wohn- und Arbeitsstätten
  - Leerstände verhindern
  - Abfall aus Baumaterialien mindern
  - Abbau von Bodenschätzen verringern
  - Deponieraum wird geringer

- 
- Bestehender Neubaubedarf im ländlichen Raum innerorts anstatt im Außenbereich decken
5. Which customer needs are we satisfying? / Welche Kundenbedürfnisse befriedigen wir?
- Bedarf an Wohn- und Arbeitsstätten
  - Bestehender Neubaubedarf im ländlichen Raum innerorts anstatt im Außenbereich decken
  - Deponieraum wird geringer → Landschaftsbild, etc.
  - Schaffung neuer Entwicklungsmöglichkeiten in ländlichen Siedlungen
6. What bundles of products and services are we offering to each Customer Segment? / Welche Produkt- und Dienstleistungspakete bieten wir jedem Kundensegment an?
- Wiederverwendbarer Bauteile und verwertbarer Baumaterialien → Bedarf von Baustoffen mit Sekundärrohstoffen abdecken
  - Schulungsmaterialien für Architekt:innen, Bauherr:innen, Baufirmen und Handwerker:innen zur Wiederverwendung von Bauteilen und Verwertung von Baumaterialien
  - Der entwickelte (digitale) Erfassungsbogen wird hinsichtlich seiner Struktur und seiner technischen Umsetzung analog zur Datenbank Dritten zum Aufbau eines Gebäude- und Materialkatasters zur Verfügung gestellt

### **Channels / Vertriebskanäle**

7. Through which Channels do our Customer Segments want to be reached? / Über welche Vertriebskanäle wollen unsere Kundensegmente erreicht werden?
- Kurze Vertriebswege mit regionalen Partnern
  - Internet
  - Großhandel
  - Direktverkauf
  - Einzelhandel
8. How are we reaching them now? / Wie erreichen wir sie jetzt?
- N. b.
9. How are our Channels integrated? / Wie werden unsere Vertriebskanäle integriert?
- N. b.
10. Which ones work best? / Welche funktionieren am besten?
- Kurze Vertriebswege mit regionalen Partnern
  - Internet
  - Großhandel
  - Direktverkauf
  - Einzelhandel
11. Which ones are most cost-efficient? / Welche sind am kostengünstigsten?
- Kurze Vertriebswege mit regionalen Partner
  - Internet
  - Großhandel

- 
- Direktverkauf

12. How are we integrating them with customer routines? / Wie integrieren wir sie in die Kundenroutinen?

- N. b.

### **Customer Relationships / Kundenbeziehung**

13. What type of relationship does each of our Customer Segments expect us to establish and maintain with them? / Welche Art von Beziehung erwartet jedes unserer Kundensegmente von uns? (Etablierung und Aufrechterhaltung?)

- Persönlicher Kundenvertreter unterstützt während des Verkaufsprozesses / nach dem Kauf vor Ort, Call Center, per Email, etc.
- Automatisierte Kundenselbstbedienung kann persönliche Beziehung „simulieren“
- Akquisitionsstrategien

14. Which ones have we established? / Welche haben wir etabliert?

- Persönlich
- Automatisiert

15. How costly are they? / Wie teuer sind sie?

- Automatisiert günstiger als Persönlich?

16. How are they integrated with the rest of our business model? / Wie sind sie in den Rest unseres Geschäftsmodells integriert?

- N. b.

### **Revenue Streams / Einnahmequellen**

17. For what value are our customers really willing to pay? / Für welchen Wert sind unsere Kunden wirklich zahlungsbereit?

- Naturnahe Baumaterialien z. B. Bruchsteine, Holzbalken, Ziegel
- Wiederverwendbarer Bauteile und verwertbarer Baumaterialien
- Reduzierte Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen

18. For what do they currently pay? / Wofür bezahlen sie derzeit?

- Neue Baustoffe und Materialien

19. How are they currently paying? / Wie bezahlen sie derzeit?

- N. b.

20. How would they prefer to pay? / Wie würden sie es vorziehen, zu bezahlen?

- Vorkasse
- Rechnung
- Lastschrift
- Kreditkarte
- PayPal

- 
- Sofortüberweisung
21. How much does each Revenue Stream contribute to overall revenues? / Wie viel trägt jeder Einnahmekanal zum Gesamtumsatz bei?
- N. b.

### **Key Resources / Wichtige Ressourcen**

22. What Key Resources do our Value Propositions require? / Welche Schlüsselressourcen benötigen unsere Wertversprechen?
- Wiederverwendbare Baumaterialien
  - Produktionsanlagen
  - Gebäude-, Lager - und Logistikinfrastuktur
  - Fahrzeuge
  - Maschinen
  - Kassensysteme
  - Vertriebsnetze
  - urheberrechtlich geschütztes Wissen
  - Partnerschaften
  - Kundendatenbanken
  - Humanressourcen und Personalarbeit
  - Bargeld
  - Kreditlinien
23. Our Distribution Channels? / Unsere Vertriebskanäle?
- Produktionsanlagen
  - Gebäude-, Lager - und Logistikinfrastuktur
  - Fahrzeuge
  - Maschinen
  - Kassensysteme
  - Vertriebsnetze
  - urheberrechtlich geschütztes Wissen
  - Partnerschaften
  - Humanressourcen und Personalarbeit
24. Customer Relationships? / Kundenbeziehungen?
- urheberrechtlich geschütztes Wissen
  - Partnerschaften
  - Kundendatenbanken
  - Humanressourcen und Personalarbeit
25. Revenue Streams? / Einnahmequellen?
- Kassensysteme
  - Vertriebsnetze
  - Partnerschaften

- 
- Kundendatenbanken
  - Humanressourcen und Personalarbeit
  - Bargeld
  - Kreditlinien

### **Key Activities / Wichtigste Aktivitäten**

26. What Key Activities do our Value Propositions require? / Welche Schlüsselaktivitäten erfordern unsere Wertversprechen?
- Produktion, Entwerfen, Herstellen und Liefern eines Produkts in großen Mengen und/oder von hoher Qualität
27. Our Distribution Channels? / Unsere Vertriebskanäle?
- Plattform/Netzwerk: Geschäftsmodelle, die mit einer Plattform als Schlüsselressource konzipiert sind, werden von plattform- oder netzwerkbezogenen Schlüsselaktivitäten dominiert. Netzwerke, Matchmaking-Plattformen, Software und sogar Marken können als Plattform fungieren.
28. Customer Relationships? / Kundenbeziehungen?
- Problemlösung: Der Schwerpunkt dieser Aktivitäten liegt in der Erarbeitung neuer Lösungen für individuelle Kundenprobleme und erfordert Aktivitäten wie Wissensmanagement und kontinuierliche Weiterbildung
29. Revenue Streams? / Einnahmequellen?
- N. b.

### **Key Partnerships / Wichtigste Partnerschaften**

30. Who are our Key Partners? / Wer sind unsere wichtigsten Partner?
- Tu Darmstadt (LM, SuR, est)
  - Gemeinde Münster
  - Gemeinde Otzberg
  - Landkreis Darmstadt-Dieburg
  - Stadt Darmstadt
  - Re2Area
  - Kompetenzzentrum Innenentwicklung
  - Institut für kommunale Geoinformationssysteme IKGIS e.V.
  - Architekt:innen
  - Bauherr:innen
  - Baufirmen
  - Handwerker:innen
  - Eigentümer:innen leerstehender Immobilien
31. Who are our key suppliers? / Wer sind unsere Hauptlieferanten?
- Eigentümer:innen leerstehender Immobilien

---

32. Which Key Resources are we acquiring from partners? / Welche Schlüsselressourcen beziehen wir von Partnern?

- Produktionsanlagen
- Gebäude-, Lager - und Logistikinfrastuktur
- Fahrzeuge
- Maschinen
- Systeme
- Kassensysteme
- Vertriebsnetze
- urheberrechtlich geschütztes Wissen
- Humanressourcen ☒ Personalarbeit
- Fördermittel

33. Which Key Activities do partners perform? / Welche Schlüsselaktivitäten führen die Partner durch?

- Produktion
- Plattform/Netzwerk
- Problemlösung

#### **Cost Structure / Kostenstruktur**

34. What are the most important costs inherent in our business model? / Was sind die wichtigsten Kosten, die mit unserem Geschäftsmodell verbunden sind?

- Die Schaffung und Bereitstellung von Mehrwert
- die Pflege von Kundenbeziehungen
- Generierung von Einnahmen

35. Which Key Resources are most expensive? / Welche Schlüsselressourcen sind am teuersten?

- Produktionsanlagen
- Humanressourcen und Personalarbeit
- Gebäude-, Lager - und Logistikinfrastuktur
- Fahrzeuge
- Maschinen
- Kassensysteme
- Vertriebsnetze

36. Which Key Activities are most expensive? / Welche Schlüsselaktivitäten sind am teuersten?

- Produktion
- Plattform/Netzwerk
- Problemlösung

---

## 7.2. Variantenbewertung

### 7.2.1. Schadstoffuntersuchung

#### Durch Verkäufer

##### Risiko: mittel

Das Risiko aus einer Schadstoffuntersuchung durch den Verkäufer ist für den Betreiber niedrig. Es könnte sich dennoch ein Risiko ergeben, wenn der Betreiber die Schadstofffreiheit kommuniziert und für diese haftet, da eine Untersuchung regelmäßig nicht alle Schadstoffklassen testet und Tests falsch negativ sein könnten.

##### Aufwand: mittel

Der Aufwand aus einer durch den Verkäufer durchgeführten Schadstoffuntersuchung ist für den Betreiber höher als in dem Fall, in dem keine Untersuchung durchgeführt wird. Zusätzliche Aufgaben wären u. a. das Bereitstellen der Möglichkeit die Schadstofffreiheit zu kommunizieren oder die Bereitstellung einer Auflistung anerkannter Gutachter.

#### Durch Käufer

##### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einer Schadstoffuntersuchung durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig. Dies trifft zu sofern er keinerlei Eigentum an den Bauteilen erlangt und der Verkäufer diese im Nichtverkaufsfall zurücknimmt. Es verbleibt ein Restrisiko, dass der Betreiber die Bauteile nicht an den Verkäufer zurück überführen kann.

##### Aufwand: mittel

Der Aufwand aus einer durch den Käufer durchgeführten Schadstoffuntersuchung für den Betreiber ist höher als in dem Fall, in dem keine Untersuchung durchgeführt wird. Zusätzliche Arbeiten wären bspw. das Bereitstellen der Möglichkeit der Kommunikation zwischen Käufer und Verkäufer im Falle eines Schadstofffundes, Vermittlertätigkeiten oder die Bereitstellung einer Auflistung anerkannter Gutachter.

#### Durch Betreiber

##### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer Schadstoffuntersuchung durch den Betreiber ist hoch und betrifft mindestens zwei Bereiche. Im Falle der Kommunikation der Schadstofffreiheit könnte er für diese haften, da eine Schadstoffuntersuchung regelmäßig nicht alle Schadstoffklassen testet und Tests falsch negativ sein könnten. Zusätzlich ergibt sich ein ökonomisches Risiko, da der Betreiber in einem solchen Modell die Kosten für die Schadstoffuntersuchung zunächst selbst trägt und diese aufgrund eines Nichtverkaufs o.ä. uneinbringlich sein könnten.

##### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einer durch den Betreiber durchgeführten Schadstoffuntersuchung ist hoch, da er alle damit in Verbindung stehenden Aufgaben, wie die Organisation, erfüllen muss.



---

## **Grobklassifizierung als Hilfestellung**

### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einer Grobklassifizierung durch den Betreiber ist bei Haftungsausschluss niedrig. Die Möglichkeit für potenzielle Rechtsstreitigkeit in Bezug darauf muss jedoch berücksichtigt werden und könnte ggf. zu einer anderen Einschätzung führen.

### Aufwand: mittel

Der Aufwand aus einer durch den Betreiber bereitgestellten Grobklassifizierung ist zunächst hoch, da diese erstellt und bereitgestellt werden müsste. Er nimmt jedoch stark ab, da Aktualisierungen die arbeitsintensivsten Aufgaben sind.

## **Fachgutachter (reine Besichtigung) beauftragt durch Börse**

### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer Fachbegutachtung beauftragt durch den Betreiber ist ein Unterfall der Untersuchung durch den Betreiber und betrifft zweierlei Bereiche. Im Falle der Kommunikation der Schadstofffreiheit könnte er für diese haften, da eine Schadstoffuntersuchung regelmäßig nicht alle Schadstoffklassen testet und Tests falsch negativ sein könnten. Zusätzlich ergibt sich ein ökonomisches Risiko, da der Betreiber in einem solchen Modell die Kosten für die Schadstoffuntersuchung zunächst selbst trägt und diese auf Grund eines Nichtverkaufs o.ä. uneinbringlich sein könnten.

### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einer durch den Betreiber durchgeführten Schadstoffuntersuchung ist hoch, da er alle damit in Verbindung stehenden Aufgaben, wie die Organisation, erfüllen muss.

## **Keine**

### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einer nicht durchgeführten Schadstoffuntersuchung ist für den Betreiber niedrig, wenn er keine Gewährleistung für die Bauteile und deren Schadstofffreiheit übernehmen muss, also weder per Gesetz noch durch Vertrag dazu verpflichtet ist. Dies könnte bspw. im Fall der Bereitstellung einer Plattform der Fall sein, soweit er kein Eigentum an den Bauteilen erlangt.

### Aufwand: niedrig

Aus einer nicht durchgeführten Schadstoffuntersuchung resultiert kein direkter Aufwand. Ergeben sich durch möglicherweise vorhandene Schadstoffe jedoch Risiken für den Betreiber, z. B. aus möglichen Rechtsstreitigkeiten aufgrund einer Vermarktung durch diesen, hätte dies einen hohen Aufwand zur Folge. Die Aufwandeinschätzung basiert auf der Annahme, dass die Betrachtung isoliert möglich ist, wie dies in einem Plattformmodell gegeben wäre.

---

### **7.2.2. Ausbau**

#### **Durch Verkäufer**

##### Risiko: niedrig

Das Risiko aus dem Ausbau durch den Verkäufer ist für den Betreiber niedrig. Dies trifft für den Fall der isolierten Betrachtung zu und somit dann, wenn sich die Tätigkeit auf den Betrieb der Plattform ohne Eigentumsübernahme beschränkt.

##### Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus dem Ausbau durch den Verkäufer ist für den Betreiber niedrig. Dies trifft für den Fall der isolierten Betrachtung zu und somit dann, wenn sich die Tätigkeit auf den Betrieb der Plattform ohne Eigentumsübernahme beschränkt.

#### **Durch Käufer**

##### Risiko: niedrig

Das Risiko aus dem Ausbau durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig. Dies trifft für den Fall der isolierten Betrachtung zu und somit dann, wenn sich die Tätigkeit auf den Betrieb der Plattform ohne Eigentumsübernahme beschränkt.

##### Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus dem Ausbau durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig. Dies trifft für den Fall der isolierten Betrachtung zu und somit dann, wenn sich die Tätigkeit auf den Betrieb der Plattform ohne Eigentumsübernahme beschränkt.

#### **Durch Betreiber**

##### Risiko: hoch

Das Risiko des Ausbaus durch den Betreiber betrifft mehrere Bereiche und ist hoch. Einerseits könnte er haftbar sein für Schäden, die beim Ausbau verursacht werden, sowohl an den auszubauenden Bauteilen, aber auch am restlichen Gebäude. Zusätzlich könnte sich ein ökonomisches Risiko ergeben, da der Betreiber in einem solchen Modell die Kosten für den Ausbau zunächst selbst tragen müsste und diese auf Grund eines Nichtverkaufs o.ä. uneinbringlich sein könnten.

##### Aufwand: hoch

Der aus dem Ausbau durch den Betreiber entstehende Aufwand ist für selbigen hoch, da er alle damit in Verbindung stehenden Aufgaben erfüllen muss, wie z. B. die Organisation und die Bereitstellung von geschultem Personal und Maschinen.

#### **Durch Abbruchunternehmen**

##### Risiko: hoch

Das Risiko des Ausbaus durch einen Abbruchunternehmer ist für den Betreiber vorrangig ein ökonomisches, da er in einem solchen Modell die Kosten für den Ausbau zunächst selbst tragen müsste und diese auf Grund eines Nichtverkaufs o.ä. uneinbringlich sein könnten. Sollte ein Abbruchunternehmer durch Käufer oder Verkäufer

---

direkt beauftragt werden, wäre das Risiko gering. Es wäre daher in einer risikominimierenden Variante denkbar, keine Beauftragung durch den Betreiber vorzusehen, aber auf entsprechende Unternehmen zu verweisen.

Aufwand: mittel

Der aus dem Ausbau durch einen Abbruchunternehmer entstehende Aufwand ist für den Betreiber höher als im Selbstausbau, jedoch niedriger im Vergleich zum Ausbau durch den Betreiber, da er vermittelnde und organisatorische Aufgaben übernehmen muss, jedoch selbst keine ausbauende Tätigkeit übernimmt.

**Durch private Dienstleister (Rückbauunternehmer)**

Risiko: hoch

Das Risiko des Ausbaus durch einen Rückbauunternehmer ist für den Betreiber vorrangig ein ökonomisches, da er in einem solchen Modell die Kosten für den Ausbau zunächst selbst tragen müsste und diese auf Grund eines Nichtverkaufs o.ä. uneinbringlich sein könnten. Sollte ein Rückbauunternehmer durch Käufer oder Verkäufer direkt beauftragt werden, wäre das Risiko gering. Es wäre daher in einer risikominimierenden Variante denkbar, keine Beauftragung durch den Betreiber vorzusehen, aber auf entsprechende Unternehmen zu verweisen.

Aufwand: mittel

Der aus dem Ausbau durch einen Rückbauunternehmer entstehende Aufwand ist für den Betreiber höher als im Selbstausbau, jedoch niedriger im Vergleich zum Ausbau durch den Betreiber, da er vermittelnde und organisatorische Aufgaben übernehmen muss, jedoch selbst keine ausbauende Tätigkeit übernimmt.

**Privater (mit Gefährdungsbeurteilung)**

Risiko: niedrig

Das Risiko für den Betreiber entspricht den Fällen des Ausbaus durch Verkäufer/Käufer, sofern er die Gefährdungsbeurteilung nicht beauftragt. Sollte er die Gefährdungsbeurteilung beauftragen, trägt er das ökonomische Risiko.

Aufwand: niedrig

Der Aufwand für den Betreiber entspricht den Fällen des Ausbaus durch Verkäufer/Käufer, sofern er die Gefährdungsbeurteilung nicht beauftragt. Sollte er die Gefährdungsbeurteilung beauftragen, entsteht zusätzlicher Aufwand für die Organisation.

**7.2.3. Eigentumsübergang**

**Direkt (Eigentümer:in ↔ Käufer:in)**

Risiko: niedrig

Das Risiko aus einem direkten Eigentumsübergang zwischen Eigentümer:in und Käufer:in ist für den Betreiber der Plattform gering, da er für die Bauteile keinerlei Risiken, wie ökonomische oder haftungsrechtliche, übernimmt.

Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus einem direkten Eigentumsübergang zwischen Eigentümer:in und Käufer:in ist für den Betreiber der Plattform gering, da er lediglich die Plattform bereitstellen muss.

---

### **Indirekt (mit Verantwortung)**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einem indirekten Eigentumsübergang zwischen Eigentümer:in und Käufer:in ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er für die Bauteile Risiken, wie ökonomische oder haftungsrechtliche, übernimmt.

#### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einem indirekten Eigentumsübergang zwischen Eigentümer:in und Käufer:in ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er neben der Plattformbereitstellung zusätzliche Aktivitäten zur Risikominimierung durchführen muss, wie Preis-, Marktgängigkeits- und Schadstoffrisikoabschätzungen. Eine solche Variante bedingt außerdem zwingend Lagerflächen.

### **Indirekt (Kommission - ohne Verantwortung)**

#### Risiko: mittel

Das Risiko aus einem indirekten Eigentumsübergang zwischen Eigentümer:in und Käufer:in ist für den Betreiber der Plattform niedriger als in der Variante, in der er die Verantwortung bewusst übernimmt, jedoch höher als in der Variante in der er lediglich den Kontakt vermittelt, da er für die Bauteile ggf. doch Risiken übernimmt, wie ökonomische oder haftungsrechtliche, falls der/die Alteigentümer:in nicht mehr greifbar sein sollte.

#### Aufwand: mittel

Der Aufwand aus einem indirekten Eigentumsübergang zwischen Eigentümer:in und Käufer:in ist für den Betreiber der Plattform niedriger als in der Variante, in der er die Verantwortung bewusst übernimmt, jedoch höher als in der Variante in der er lediglich den Kontakt vermittelt, da er zusätzliche Risikoabschätzungen vornehmen muss. Eine solche Variante bedingt außerdem zwingend Lagerflächen.

## **7.2.4. Lagerung**

### **Durch Verkäufer (z. B. im alten Gebäude)**

#### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einer Lagerung beim Verkäufer ist für den Betreiber der Plattform gering, da er für die Lagerflächen und Bauteile keinerlei Risiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

#### Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus einer Lagerung beim Verkäufer ist für den Betreiber der Plattform gering, da er in die Lagerflächenbereitstellung nicht eingebunden ist.

### **Zentral für den Landkreis über Zweckverband (Betreiber)**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer zentralen Lagerung durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er für die Lagerflächen und ggf. Bauteile Risiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

---

### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einer zentralen Lagerung durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er die Lagerflächen, sowie Personal und Maschinen bereitstellen muss und ggf. Bauteilrisiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

### **Dezentral bei einzelnen Gemeinden**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer dezentralen Lagerung durch den Betreiber ist für diesen hoch, da er für die Lagerflächen und ggf. Bauteile Risiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

#### Aufwand: (sehr) hoch

Der Aufwand aus einer dezentralen Lagerung durch den Betreiber ist für diesen sehr hoch, da der Aufwand des zentralen Modells in Teilen mehrfach auftritt.

### **Dezentral beim Landkreis Zweckverband**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer dezentralen Lagerung durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er für die Lagerflächen und ggf. Bauteile Risiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

#### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einer dezentralen Lagerung beim Landkreis durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da der Aufwand des zentralen Modells in Teilen mehrfach auftritt. Es ist wahrscheinlich etwas niedriger als in der dezentralen Variante bei den Gemeinden, da lediglich eine Organisationsstruktur eingebunden ist.

### **Interkommunal**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer dezentralen/interkommunalen Lagerung durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er für die Lagerflächen und ggf. Bauteile Risiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

#### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einer dezentralen/interkommunalen Lagerung durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da der Aufwand des zentralen Modells in Teilen mehrfach auftritt.

## **7.2.5. Vermittlung/Vermarktung**

### **Physischer Baumarkt/Bauteilbörse**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einer Vermarktung durch den Betreiber ist für diesen in Form eines Baumarktes hoch, da er ökonomische, haftungsrechtliche und genehmigungsrechtliche Risiken übernimmt.

---

### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einer Vermarktung durch den Betreiber ist für diesen in Form eines Baumarktes hoch, da er die Lagerflächen, sowie Personal und Maschinen bereitstellen muss und ggf. Bauteilrisiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt.

### **Digitale Börse**

#### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einer Vermarktung über eine digitale Plattform ist für den Betreiber niedrig, da er keine ökonomischen, haftungsrechtlichen oder genehmigungsrechtlichen Risiken übernehmen muss.

#### Aufwand: mittel

Der Aufwand aus einer Vermarktung über eine digitale Plattform ist für den Betreiber erheblich niedriger als in einer Baumarktvariante, da er die Lagerflächen, sowie Personal und Maschinen nicht bereitstellen muss und keine Bauteilrisiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernimmt. Es fällt Aufwand für die Erstellung und Wartung der digitalen Plattform an.

### **Makler (z. B. Bürgermeister)**

#### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einer Vermittlung der Bauteile über eine zentrale Stelle ist für den Betreiber niedriger als in einer Baumarktvariante, da er wahrscheinlich keine ökonomischen, haftungsrechtlichen oder genehmigungsrechtlichen Risiken übernehmen muss. Die Risikotragung ist jedoch unklarer als bei einer digitalen Plattform, zu der Beispiele bekannt sind.

#### Aufwand: niedrig/mittel

Der Aufwand aus einer Vermarktung über einen Vermittler ist für den Betreiber erheblich niedriger als in einer Baumarktvariante, da er die Lagerflächen, sowie Personal und Maschinen nicht bereitstellen muss und keine Bauteilrisiken, wie ökonomische, haftungsrechtliche oder genehmigungsrechtliche, übernehmen muss. Es fällt jedoch Aufwand für die Vermittlung oder Findung eines geeigneten Vermittlers an.

## **7.2.6. Transport**

### **Durch Verkäufer**

#### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einem Transport durch den Verkäufer ist für den Betreiber niedrig, da er in den Transport nicht eingebunden ist und daher keine ökonomischen, haftungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Risiken übernimmt.

#### Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus einem Transport durch den Verkäufer ist für den Betreiber niedrig, da er in den Transport nicht eingebunden ist.

---

## **Durch Käufer**

### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einem Transport durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig, da er in den Transport nicht eingebunden ist und daher keine ökonomischen, haftungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Risiken übernimmt.

### Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus einem Transport durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig, da er in den Transport nicht eingebunden ist.

## **Zentral für den Landkreis**

### Risiko: hoch

Das Risiko aus dem Transport durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er Risiken für Personal und Maschinen, wie ökonomische und haftungsrechtliche, übernimmt.

### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus dem Transport durch den Betreiber ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er Personal und Maschinen bereitstellen muss.

## **Dezentral bei einzelnen Gemeinden**

### Risiko: hoch

Das Risiko aus dem Transport durch den Betreiber/die Gemeinden ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er für Personal und Maschinen Risiken, wie ökonomische und haftungsrechtliche, übernimmt. Dies wäre nicht der Fall, wenn die Gemeinden nicht gleichzeitig Betreiber wären und die Leistung anbieten würden.

### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus dem Transport durch den Betreiber/die Gemeinden ist für den Betreiber der Plattform hoch, da er Personal und Maschinen bereitstellen muss. Dies wäre nicht der Fall, wenn die Gemeinden nicht gleichzeitig Betreiber wären und die Leistung anbieten würden. In diesem Fall würde aufgrund der Organisation höherer Aufwand als im Eigentransportmodell anfallen, allerdings weniger Aufwand im Vergleich zum Transport durch den Betreiber.

## **7.2.7. Einbau**

### **Spezialisierte Fachfirma**

#### Risiko: mittel

Das Risiko des Einbaus durch eine Fachfirma ist für den Betreiber vorrangig ein ökonomisches Risiko, da der Betreiber die Kosten für den Einbau zunächst selbst tragen müsste, sofern er die Fachfirma beauftragt. Sollte eine Fachfirma durch Käufer oder Verkäufer direkt beauftragt werden, wäre das Risiko gering, so allerdings auch nicht mehr Teil des Geschäftsmodells. Es wäre daher in einer risikominimierenden Variante denkbar, keine Beauftragung durch den Betreiber vorzusehen, aber auf entsprechende Unternehmen zu verweisen.

---

### Aufwand: mittel

Der aus einem Einbau durch eine Fachfirma entstehende Aufwand ist für den Betreiber niedriger als im Falle eines selbst getätigten Einbaus, jedoch höher im Vergleich zu einem Einbau durch den Käufer, da er vermittelnde und organisatorische Aufgaben übernehmen muss.

### **Durch Käufer**

#### Risiko: niedrig

Das Risiko aus einem Einbau durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig, da er in den Einbau nicht eingebunden ist und daher keine ökonomischen, haftungsrechtlichen und genehmigungsrechtlichen Risiken übernimmt.

#### Aufwand: niedrig

Der Aufwand aus einem Einbau durch den Käufer ist für den Betreiber niedrig, da er in den Einbau nicht eingebunden ist. Die möglicherweise bereitgestellten Schulungsmaterialien für den Einbau sollen variantenunabhängig bereitgestellt werden.

### **Zentral für den Landkreis**

#### Risiko: hoch

Das Risiko aus einem Einbau durch den Betreiber ist hoch, da er ökonomische, haftungsrechtliche und genehmigungsrechtliche Risiken übernimmt.

#### Aufwand: hoch

Der Aufwand aus einem Einbau durch den Betreiber ist für diesen hoch, da er Personal und Maschinen bereitstellen muss.

### **Dezentral bei einzelnen Gemeinden**

#### Risiko: sehr hoch

Das Risiko aus einem Einbau durch den Betreiber ist hoch, da er ökonomische, haftungsrechtliche und genehmigungsrechtliche Risiken übernimmt.

#### Aufwand: hoch / unmöglich --> unzulässig

Der Aufwand aus einem Einbau durch den Betreiber ist für diesen hoch, da er Personal und Maschinen bereitstellen muss.

## **7.2.8. Organisation**

### **Zweckverband**

#### Risiko: unbekannt

Der Einfluss der Organisationswahl auf das Risiko sollte durch die sich damit regelmäßig befassenden Projektpartner beurteilt werden.



---

Aufwand: unbekannt

Der Einfluss der Organisationswahl auf den Aufwand sollte durch die sich damit regelmäßig befassenden Projektpartner beurteilt werden.

### **Private Firma**

Risiko: unbekannt

Der Einfluss der Organisationswahl auf das Risiko sollte durch die sich damit regelmäßig befassenden Projektpartner beurteilt werden.

Aufwand: unbekannt

Der Einfluss der Organisationswahl auf den Aufwand sollte durch die sich damit regelmäßig befassenden Projektpartner beurteilt werden.

## **7.3. Verstetigung Potenzielle Ansätze zur Verstetigung der Erkenntnisse des Forschungsprojektes WieBauin – Wiederverwendung von Baumaterial Innovativ**

### **7.3.1. Motivation**

Ziel des Forschungsprojektes ‚Wiederverwendung von Baumaterialien innovativ‘, kurz ‚WieBauin‘, ist es, neue Herangehensweisen und Instrumente zu entwickeln, um das Stoffstrommodell im Bausektor zu verbessern und damit zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen sowie zum nachhaltigen Handeln gemäß den Staatszielen in den Artikel 26b und 26c der Hessischen Verfassung beizutragen.

Die Entnahme natürlicher Ressourcen steigt seit Jahren exponentiell und insbesondere der Bausektor zählt zu einem der ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren überhaupt. Gleichzeitig ist dieser für ca. 55 % des gesamten deutschen Abfallaufkommens verantwortlich<sup>15</sup>. Beim Abbruch oder der Sanierung von Gebäuden findet eine hochwertige Wiederverwendung der intakten Materialien häufig nicht statt. Die Einsparung der Energie und der Treibhausgase, die für eine Neuproduktion solcher Materialien benötigt werden sowie die potentiell einzusparenden Flächen für den Abbau und die spätere Deponierung von Materialien bleiben somit ungenutzt. Das vom BMBF im Rahmen der Forschungsinitiative Stadt-Land-Plus geförderte Forschungsprojekt *WieBauin* trägt mit einem ganzheitlichen Ansatz dazu bei, diese Lücke zu schließen und so die Umweltfreundlichkeit des Bausektors zu verbessern. Ein zentrales Ergebnis ist eine Internetplattform, zunächst beispielhaft für die Region Darmstadt-Dieburg umgesetzt, die viele Funktionen vereint.

### **7.3.2. Aktueller Stand der Internetplattform**

Die Internetplattform, der sogenannte Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg ([www.bauteilkreislauf-dadi.net](http://www.bauteilkreislauf-dadi.net)), ist an erster Stelle ein digitaler, regional ausgerichteter Marktplatz für wiederverwendbare Bauteile wie Fenster oder Türen sowie andere Baumaterialien, die sich zur hochwertigen Wiederverwendung eignen, wie Holzbalken oder Pflastersteine. Ergänzt wird dieser durch ein umfangreiches Informations- und Interaktionsangebot. Auf diesem werden Informationen zur Bereitstellung und Wiederverwendung solcher Bauteile und Baumaterialien mit vielen Hinweisen und Beispielen gegeben, was bei der Wiederverwendung von unterschiedlichen Materialien zu beachten ist. Um die Öffentlichkeit zu sensibilisieren und die Wiederverwendung ins Bewusstsein zu

---

<sup>15</sup> Statistisches Bundesamt (2022): Abfallbilanz – Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen 2020, S. 34

rücken, wurde ebenfalls ein Materialertragsrechner erstellt, in dem das eigene CO<sub>2</sub>-Einsparpotential ebenso wie potentiell erzielbare Preise bei dem Verkauf der gebrauchten, wiederverwendbaren Bauteile ermittelt werden und darüber hinaus Hinweise geben werden, wo Schadstoffe zu vermuten sind. Kommunen und anderen Beratungsstellen werden außerdem Handlungsempfehlungen für die inhaltliche und strategische Organisation der Beratung von Immobilieneigentümer:innen nicht mehr genutzter oder nicht mehr nutzbarer, zum Abbruch stehender Gebäude gegeben. Letztlich wird lokalen Handwerker:innen, Architekt:innen und anderen Akteuren die Möglichkeit geboten, sich über die Plattform als Unterstützer in Sachen Wiederverwendung anzubieten und so ein Netzwerk von Dienstleistern in diesem Segment aufzubauen. Das Informations- und Interaktionsangebot richtet sich damit sowohl an Immobilieneigentümer:innen, Bauherr:innen, Architekt:innen, Handwerksbetriebe, Städte und Gemeinden sowie weiteren Dienstleistern in diesem Bereich.

Derzeit wird die Internetplattform, bestehend aus Marktplatz und Informations- bzw. Interaktionsangebot, technisch durch die Concular GmbH umgesetzt. Der Marktplatz baut auf den von Concular entwickelten Strukturen auf und nutzt die dortige Datenbank. Hinsichtlich der Usability, insbesondere hinsichtlich des Einstellens von wiederverwendbaren Bauteilen und Baumaterialien sind weitere Verbesserungen vorzunehmen. Diese wurde bisher nicht umgesetzt, da Concular den Marktplatz auf eigene Kosten bereitstellt. Die Inhalte des Informations- bzw. Interaktionsangebots wurden durch die Projektpartner entwickelt, die technische Bereitstellung erfolgt jedoch ebenfalls über die Concular GmbH auf der dort gehosteten Internetplattform.

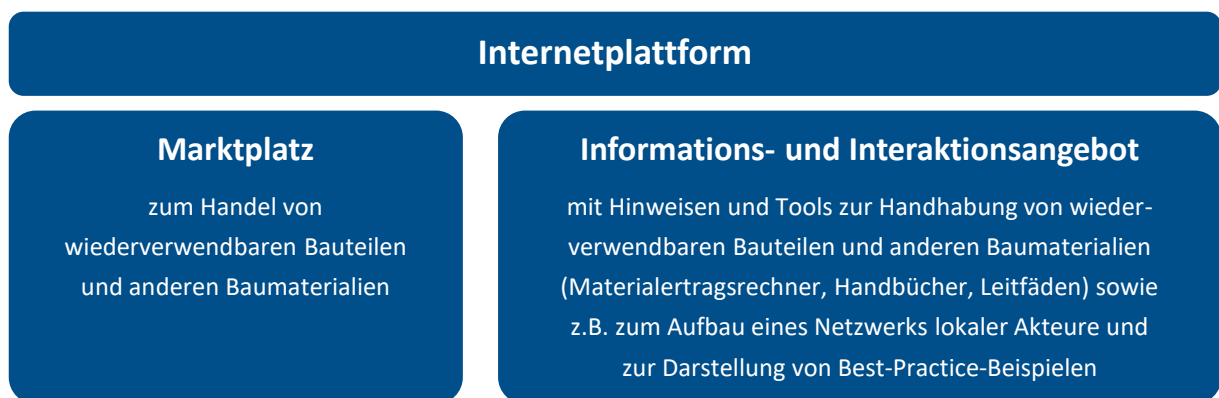


Abb. Anhang 24: Struktur der Internetplattform (eigene Darstellung)

### Weiterführung des aktuellen Umsetzungsmodells

Die Internetplattform Bauteilkreislauf Region Darmstadt-Dieburg kann als Komplettlösung der Concular GmbH nach Optimierung der aktuellen Form weitergeführt werden. Optional könnte der Marktplatz stärker mit dem Informations- und Interaktionsangebot verknüpft werden, indem der Materialertragsrechner auf die Daten des Marktplatzes zugreift um Preise, Hinweise zu Schadstoffen und das CO<sub>2</sub>-Einsparpotential zu ermitteln. Dabei entstehen voraussichtlich folgende Kosten:

- Ausbau und Optimierung des bestehenden Marktplatzsystems durch die Concular GmbH: 92.000,00 €
- IT-technische Pflege des Marktplatzes sowie des Informations- und Interaktionsangebotes durch die Concular GmbH: 156.000,00 €/a  
(Optional: Zusätzliche Kosten bei der Verknüpfung des Materialertragsrechners: 36.000,00 €/a)
- Personalkosten zur Aktualisierung der Inhalte des Informations- und Interaktionsangebots: 5 %-Stelle E 10 (ca. 80 h/a)
- Personalkosten für weitergehende Aktivitäten zur Implementierung des Ansatzes im Landkreis (u. a. Werbung bzgl. Partner, neue Fallbeispiele, Beratung): 20 %-Stelle E 10 (ca. 320 h/a)

Stärken des aktuellen Ansatzes	Schwächen des aktuellen Ansatzes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web-IT aus einer Hand</li> <li>• Integration von wirtschaftlich weniger für die Wiederverwendung interessanten Bauteile und -materialien durch regionalen Ansatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristige Änderungen und Ergänzungen am Informations- und Interaktionsangebot nur eingeschränkt möglich</li> <li>• Usability für Endnutzer kompliziert</li> </ul>

### 7.3.3. Ansätze zur Verstetigung

Die Wirkung einer Internetplattform zur Wiederverwendung von Bauteilen und anderen Baumaterialien beschränkt sich nicht auf die Grenzen eines Landkreises, wie anhand der Umsetzung im Landkreis Darmstadt-Dieburg und der Stadt Darmstadt herausgestellt werden konnte. Sowohl lokale Akteure als auch Immobilieneigentümer:innen benachbarter Landkreise und darüber hinaus nutzten die Plattform. Insofern wäre ein Scale-up der Anwendungsregion sinnvoll und anzustreben. Dies würde aufgrund des hohen Fixkostenanteils (Pflege Marktplatz, Laufendhalten der Inhalte des Informations- und Interaktionsangebots) sowie Synergien bei weitergehenden Aktivitäten zur Implementierung des Ansatzes auch wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen. Hinsichtlich der zu wählenden Größe der Anwendungsregion lassen sich mehrere Ansätze unterscheiden (siehe nachfolgende Ausführungen).

Um kurzfristige Änderungen und Ergänzungen im Informations- und Interaktionsangebot vornehmen zu können, wäre es darüber hinaus sinnvoll, dass die Anwendungsregion selbst oder Kooperationen von diesen (siehe nachfolgende Ausführungen) die Internetplattform als eigene Webseite hosten oder in bestehende Webseiten einbinden. Ein Dienstleister (z. B. die Concular GmbH) würde in diesem Modell weiterhin den Marktplatz, dessen Pflege sowie auch die Datenbank, in der die angebotenen wiederverwendbaren Bauteile und andere Baumaterialien durch die Anbieter eingestellt werden, zur Verfügung stellen. Abweichend zum aktuellen Ansatz würde der Marktplatz jedoch als Embedded Marketplace in die von der Anwendungsregion betriebenen Internetplattformen / Webseiten eingebunden werden. Das Informations- und Interaktionsangebot wird dann auf diesen Seiten von der Anwendungsregion verwaltet, was die individuelle Ausgestaltung erleichtert. Dieser Ansatz würde auch den Vorteil mit sich bringen, dass Mehrfachaufwendungen für die Entwicklung eines Marktplatzes in unterschiedlichen Anwendungsregionen weitestgehend entfallen, da die Einbindung der gleichen Struktur denkbar und sinnvoll erscheint. Ebenfalls bestünde eine grundsätzliche Unabhängigkeit von Concular, da auch Marktplätze von dritten Anbietern (das Angebot von Concular ersetzend oder ergänzend) leichter in die von den Anwendungsregionen betriebenen Internetplattformen integriert werden. Die nachfolgenden Ausführungen basieren deshalb auf diesem Ansatz.

#### Kooperation mehrerer Landkreise und kreisfreier Städte auf Regionsebene

Als mögliche Region könnten sich aufgrund des räumlichen Zusammenhangs die Regierungsbezirksebene, z. B. Südhessen, anbieten und hier eine entsprechende Kooperation eingerichtet werden. Vergleichbare Aktivitäten konnten im Bereich der Geodateninfrastrukturen (GDI) in Südhessen über eine Kooperation der Landkreise und der meisten kreisfreien Städte erreicht werden ([www.gdi-suedhessen.de](http://www.gdi-suedhessen.de)). Ein Beispiel einer auf das gesamte Bundesland hochskalierten Anwendung ist die zurzeit in Aufstellung befindliche Web-GIS-Anwendung ‚Hessisches Potenzialflächenkataster‘, das vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) finanziert wird (<https://landesplanung.hessen.de/Potenzialflächenkataster>). Im Falle einer Kooperation der Landkreise und kreisfreien Städte auf Ebene der Region Südhessen (14 Landkreise und kreisfreie Städte) entstehen voraussichtlich folgende Kosten pro Kooperationseinheit:

- Einmalige Kosten zur Erstellung eines Embedded Marketplace durch die Concular GmbH (unabhängig der Anzahl der Kooperationseinheiten, für alle gemeinsam): 30.000,00 €
- Bereitstellung des Marktplatzes durch die Concular GmbH: 30.000,00 €/Instanz

- IT-technische Pflege des Marktplatzes durch die Concular GmbH: 192.000,00 €/a (Optional: Zusätzliche Kosten bei der Verknüpfung des Materialertragsrechners: 72.000,00 /a)
- Personalkosten zur Aktualisierung der Inhalte des Informations- und Interaktionsangebots: 20 %-Stelle E 10 (ca. 320 h/a)
- Personalkosten für weitergehende Aktivitäten zur Implementierung des Ansatzes in der Anwenderregion (u. a. Werbung bzgl. Partner, neue Fallbeispiele, Beratung): 80 %-Stelle E 10 (ca. 1.280 h/a)

Es wäre auch denkbar, dass die Kooperation nur mit einigen der Landkreise und kreisfreien Städte der Region Südhessen startet und nachfolgend weitere Kooperationspartner aufnimmt, wie dies auch beim Aufbau der GDI-Südhessen erfolgt ist. Die laufenden Kosten würden sich dann bei den Personalkosten in Abhängigkeit der Anzahl der Partner reduzieren. Auch nicht ausgeschlossen wäre hiermit, dass Kooperationspartner (d. h. Landkreise und kreisfreie Städte) benachbarter Regionen (ggf. auch über Bundesländergrenzen hinweg) aufgenommen werden. Auf dem Marktplatz könnte mittels einzugebender Suchradien, die räumliche Suche nach bestimmten wiederverwendbaren Bauteilen und anderen Baumaterialien entsprechend beschränkt werden. Wichtig wäre in diesem Fall, dass die regionale Identität nicht verloren geht. Deshalb sollte es sich um benachbarte Regionen handeln.

Um Hessen mit dem vorliegenden Ansatz insgesamt abzudecken, wäre es sinnvoll drei oder bei entsprechenden unterschiedlichen Identitäten ggf. mehr grundsätzlich eigenständige regionale Internetplattformen (z. B. auf Regierungsbezirksebene) für Hessen aufzubauen, die aber auf die gleiche Datenbank für den eingebundenen Marktplatz zurückgreifen und damit auch räumliche Suchen über Regionsgrenzen hinweg ermöglichen. Auch könnte eine Verbindung über Dienstleisternetzwerke und Praxisbeispiele erfolgen und koordinierte weitergehende Aktivitäten zur Implementierung des Ansatzes erfolgen. Für jede eigenständige Plattform bzw. Anwenderregion würden die oben aufgeführten Kosten anfallen, wobei auch hier Synergien im Bereich der Personalkosten denkbar wären.

Die Anforderungen an das Land Hessen bestünden in der (Teil-)Finanzierung der regionalen Plattformen, da aufgrund der aktuellen Haushaltslage der meisten Landkreise und kreisfreien Städte eine eigenständige Finanzierung einer bislang freiwilligen Leistung nicht möglich erscheint.

Stärken des Ansatzes	Schwächen des Ansatzes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regionalität auf Regierungsbezirksebene</li> <li>• Einbindung des Marktplatzes auf von der Anwenderregion eigenständig betriebenen Webseite(n)</li> <li>• Kurzfristige Änderungen und Ergänzungen am Informations- und Interaktionsangebot durch Einbindung des Marktplatzes auf regionalen Plattformen</li> <li>• Vereinfachte individuelle Ausgestaltung des Informations- und Interaktionsangebots</li> <li>• Leichte Senkung der entstehenden Personalkosten bei Nutzung von Synergien mehrerer Anwenderregionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung der Regionen hinsichtlich überregionaler Erfordernisse des Informations- und Interaktionsangebots</li> <li>• IT-Abstimmung mit der Concular GmbH hinsichtlich der Einbindung des Marktplatzes auf regionalen Plattformen</li> <li>• Je nach Vorgehensweise Abhängigkeit von Concular</li> <li>• Personalkosten in allen Anwenderregionen</li> </ul>

### Hessenweite Plattform

Denkbar wäre auch eine Internetplattform mit der Anwendungsregion des gesamten Bundeslandes Hessen. Vorteilhaft wäre dabei die einheitliche Anlaufstelle für die Nutzerinnen und Nutzer, was auch den Aufwand für Werbung und Aktualisierung verringert. Die Regionalität könnte mittels einzugebender Suchradien nach bestimmten wiederverwendbaren Bauteilen und anderen Baumaterialien beschränkt werden. Der Zugriff auf die

gesamte bei der Concular GmbH hinterlegte Datenbank wäre jedoch mit entsprechender Einstellung möglich, sodass auch hessenweit nach wiederverwendbaren Bauteilen und Baumaterialien gesucht werden kann. Im Vergleich zur Variante in Kapitel 4.4 entstünden so weder Randeffekte unterschiedlicher Anwenderregionen noch würden Nutzerinnen und Nutzer ausgeschlossen, die nicht in einer Region mit eigenständiger regionaler Internetplattform wohnen. Im Falle einer Landeslösung entstehen voraussichtlich folgende Kosten:

- Einmalige Kosten zur Erstellung eines Embedded Marketplace durch die Concular GmbH: 30.000,00 €
- Bereitstellung des Marktplatzes durch die Concular GmbH: 45.000,00 €
- IT-technische Pflege des Marktplatzes durch die Concular GmbH: 228.000,00 €/a  
(Optional: Zusätzliche Kosten bei der Verknüpfung des Materialertragsrechners: 108.000,00 €/a)
- Personalkosten zur Laufendhaltung der Inhalte des Informations- und Interaktionsangebots: 20 %-Stelle E 10 (ca. 320 h/a)
- Personalkosten für weitergehende Aktivitäten zur Implementierung des Ansatzes im Land (u. a. Werbung bzgl. Partner, neue Fallbeispiele, Beratung): 80 %-Stelle E 10 (ca. 1.280 h/a)

Die Anforderungen an das Land Hessen bestünden in der Finanzierung der landesweiten Plattform.

Stärken des Ansatzes	Schwächen des Ansatzes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einheitliche Anlaufstelle</li> <li>• Landesweite Abdeckung</li> <li>• Keine Randeffekte im Vergleich zu regionalen Lösungen</li> <li>• Einbindung des Marktplatzes auf einer vom Land Hessen betriebenen Webseite mit Corporate Design</li> <li>• Kurzfristige Änderungen und Ergänzungen am Informations- und Interaktionsangebot durch Einbindung des Marktplatzes auf einer landesweiten Plattform</li> <li>• Vereinfachte individuelle Ausgestaltung des Informations- und Interaktionsangebots</li> <li>• Minderung der entstehenden Personalkosten durch Scale-up-Effekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IT-Abstimmung mit der Concular GmbH hinsichtlich der Einbindung des Marktplatzes</li> <li>• Je nach Vorgehensweise Abhängigkeit von Concular</li> <li>• Geringere Regionalität</li> </ul>

### Umsetzung in einzelnen Landkreisen und kreisfreien Städten

Soweit eine Kooperation zwischen Landkreisen und kreisfreien Städten als auch eine landesweite Plattform scheitern, wäre eine Umsetzung in einzelnen Landkreisen bzw. kreisfreien Städten denkbar. Im Vergleich zum aktuellen Ansatz des Bauteilkreisels der Region Darmstadt-Dieburg sollte mit einem durch die Concular GmbH lediglich eingebundenen Marktplatz auf den Seiten des Landkreises bzw. der kreisfreien Stadt agiert werden, um die bereits benannten Vorteile hinsichtlich der kurzfristigen Änderungen und Ergänzungen sowie individuellen Gestaltung des Informations- und Interaktionsangebot sicherzustellen. Im Falle einer Lösung auf Ebene einzelner Landkreise bzw. kreisfreien Städte entstehen voraussichtlich folgende Kosten pro Landkreis bzw. kreisfreier Stadt:

- Einmalige Kosten zur Erstellung eines Embedded Marketplace durch die Concular GmbH (unabhängig der Anzahl der Landkreise bzw. kreisfreien Städte, für alle gemeinsam): 30.000,00 €
- Bereitstellung des Marktplatzes durch die Concular GmbH: 15.000,00 €/Instanz
- IT-technische Pflege des Marktplatzes durch die Concular GmbH: 156.000,00 €/a  
(Optional: Zusätzliche Kosten bei der Verknüpfung des Materialertragsrechners: 36.000,00 €/a)

- Personalkosten zur Laufendhaltung der Inhalte des Informations- und Interaktionsangebots: 5 %-Stelle E 10 (ca. 80 h/a)
- Personalkosten für weitergehende Aktivitäten zur Implementierung des Ansatzes im Landkreis (u. a. Werbung bzgl. Partner, neue Fallbeispiele, Beratung): 20 %-Stelle E 10 (ca. 320 h/a)

Die Anforderungen an das Land Hessen bestünden in der finanziellen Förderung dieser lokalen Plattform.

Stärken des Ansatzes	Schwächen des Ansatzes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einbindung des Marktplatzes auf einer vom Landkreis bzw. der kreisfreien Stadt betriebenen Webseite</li> <li>• Kurzfristige Änderungen und Ergänzungen am Informations- und Interaktionsangebot durch Einbindung des Marktplatzes</li> <li>• Vereinfachte individuelle Ausgestaltung des Informations- und Interaktionsangebots</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleiner Einwirkungsbereich</li> <li>• Hohe Fixkosten</li> <li>• IT-Abstimmung mit der Concular GmbH hinsichtlich der Einbindung des Marktplatzes</li> <li>• Je nach Vorgehensweise Abhängigkeit von Concular</li> </ul>

### Hinweis

In den vorstehenden Ausführungen sind ggf. bestehende Einschränkungen bzgl. Vergabe etc. nicht berücksichtigt worden. Hier bedarf es einer entsprechenden Prüfung.

## 8. Prüfungskriterien

### 8.1. Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzdaten in die ÖKOBAUDAT

- Für eine Aufnahme von Ökobilanzdaten in die ÖKOBAUDAT werden u. a. grundsätzlich folgende Forderungen gestellt:
- Die Daten wurden gemäß DIN EN 15804 erstellt / gerechnet.
  - Die Datensätze wurden einer Überprüfung durch eine unabhängige externe 3. Stelle unterzogen (Verifizierung gemäß DIN EN ISO 14025 bzw. externe Prüfung). Es werden keine ungeprüften Datensätze in die ÖKOBAUDAT übernommen.
  - Die Datensätze sollen vorzugsweise in deutscher Sprache / Nomenklatur geliefert werden. In englischsprachigen Ökobilanzdatensätzen sind deutsche Kurzfassungen für jedes Textfeld mit Verweisen auf die detaillierte Fassung im englischsprachigen Datensatz zulässig.
  - Die Anforderungen an die Modellierung und Ermittlung von Kennwerten für Ökobilanzdatensätze der ÖKOBAUDAT (Abschnitt 3.3) wurden erfüllt.
  - Die Datensätze wurden im geeigneten Datenformat (ILCD+EPD) geliefert (Abschnitt 3.4.3).
  - Die Geltungsdauer der Daten wurde angegeben (Abschnitt 3.4.4).
  - Der Eigner der Datensätze hat eine Freigabe zur Verwendung der Daten in der ÖKOBAUDAT erteilt.
  - Die geforderten Erklärungen / Informationen wurden vollständig geliefert (Abschnitt 3.4.6).
  - Die Datensätze wurden vor Anlieferung mit dem Validation Tool überprüft.
- 
- Die Datensätze wurden vor Freigabe in der ÖKOBAUDAT einer Plausibilitätsprüfung (Vollständigkeit, Plausibilität) unterzogen.
  - Datensätze für das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) sollen auf der Hintergrund-Datenbank GaBi beruhen.

Abb. Anhang 25: Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzdaten in die ÖKOBAUDAT (BBSR 2020a)

### 8.2. Überprüfungskriterien – DEKRA

Die folgenden Kriterien bilden die Grundlage für die kritische Überprüfung der definierten Schlüsseltechnologieprozesse in der GaBi-Datenbank:

- Vollständige und genaue Meta-Informationen (Erklärung des Zwecks und der beabsichtigten Anwendung des Datensatzes, die sich an den Benutzer des Datensatzes richtet);
- Verwendung unabhängiger, relevanter und qualifizierter Referenzen;
- Demonstration einer kompetenten Datensatzgenerierung durch Anwendung des internen ‚Engineering-Know-hows‘ von PE INTERNATIONAL (einschließlich Dokumentation für interne Stakeholder und Prüfer);
- Bewertungen durch Dritte;
- Anwendung einer einheitlichen Methodik und Modellierungsprinzipien;
- Datenaktualisierung und kontinuierliche Verbesserung. (Mersiowsky und Schulz 2014)

### 8.3. Kritische Aspekte der DEKRA zu Schlüsseltechnologiedatensätzen (GaBi)

- (...) Vollständigkeit der vorhandenen Datensatzdokumentation sind weiter zu verbessern, wird empfohlen, das Wissensmanagement durch intern standardisierte Regelungen für die Schlüsseltechnologiesysteme zu verbessern. Dies bezieht sich insbesondere auf die Bereitstellung und den einfachen Zugriff auf vorhandene dezentrale Dokumentationen sowie relevante, unabhängige Referenzen für potenzielle Gutachter.

- 
- Darüber hinaus könnten die Bereitstellung und Detaillierung von Metainformationen, die den Zweck des Datensatzes und die beabsichtigte Anwendung für den Datensatzbenutzer beschreiben, verbessert werden.
  - Verfügbare Expertenbewertungen von Drittanbietern sollten gesammelt und als Referenz zur Verfügung gestellt werden. Idealerweise nicht nur in der internen Datensatzdokumentation von Schlüsseltechnologien, sondern auch innerhalb der relevanten handelsüblichen Datensatzdokumentationen.
  - Bottom-up-Expertendatenprüfungen, die die Gültigkeit der Primärdaten sicherstellen, in Kombination mit dem überwiegend prozessorientierten Top-Down-Überprüfungsansatz, der sich auf die Funktionalität der Qualitätssicherung konzentriert, sind von wesentlicher Bedeutung. (Mersiowsky und Schulz 2014)



## 9. Übersicht Experteninterviews

Inter- view Nr.	Person	Ausbildung	Beruf bzw. Rolle	Bemerkungen
01	Herr T.	Architekturstudium	angestellter Architekt	ehem. Lehrbeauftragter an einer Hochschule
02	Herr D.	Schreinerlehre, Architekturstudium	Architekt in der Denkmalpflege	ehem. Mitarbeiter einer Denkmalbehörde, ehem. Leiter einer Weiterbildungseinrichtung für Denkmalpflege, Erfahrung in der Bergung und Verwendung von gebrauchten Baumaterialien
03	Frau B.	Architekturstudium	freischaffende Architektin	Eigentümerin einer unter Wiederverwendung von Baumaterialien sanierten Immobilie
04	Frau H. Herr B.	Architekturstudium Architekturstudium	Projektleiterin in einem Immobilienunternehmen Partner in einem mittelgroßen Architekturbüro	Bauherrenvertreterin bei der Umsetzung eines Recyclinghauses Architekt für den Entwurf und die Umsetzung des Recyclinghauses
05	Herr F.	Schreinerlehre	Inhaber eines Schreinereibetriebes mit angeschlossenen Möbelhandel	Eigentümer einer unter Wiederverwendung von Baumaterialien sanierten Immobilie
06	Herr U.	Architekturstudium	Partner in einem mittelgroßen Architekturbüro	Universitätsprofessor a. D.
07	Herr G.	Schreinerlehre, Schreinermeister	Inhaber eines Schreinereibetriebes	
08	Herr M.	Schreinerlehre, Schreinermeister	Inhaber eines Schreinereibetriebes	
09	Herr F.	Baubiologiestudium	Bauberater, Inhaber eines Baudienstleistungsbetriebes	Erfahrung in der Umsetzung kleinerer Wiederverwendungsprojekte
10	Herr P.	Ausbildung zum Garten- und Landschaftsbauer	Inhaber eines Garten- und Landschaftsbaubetriebes	
11	Frau P. Herr Q.	Zimmererlehre, Zimmerermeisterin Schreinerlehre, Architekturstudium	Restauratorin im Handwerk Inhaber eines Architekturbüros mit Schwerpunkt ‚Bauen im Bestand‘	Erfahrung in der Umsetzung von Wiederverwendungsprojekten in der Denkmalpflege Erfahrung in der Umsetzung von Wiederverwendungsprojekten in der Denkmalpflege

Inter- view Nr.	Person	Ausbildung	Beruf bzw. Rolle	Bemerkungen
13	Frau C.		Mitinhaberin eines Meisterbetriebes für Heizung, Lüftung und Sanitär	
14	Frau A.	Bootsbaulehre, Bootsbaugesellin	Mitarbeiterin einer Bauteilbörse	Erfahrung in der Bergung und Vermarktung von Gebrauchtb Baumaterialien
	Frau B.	Architekturstudium	Inhaberin eines Architekturbüros	Initiatorin einer Bauteilbörse, Verfasserin eines Standardwerkes zur Materialwiederverwendung
15	Herr S.	Informatiker	Heimwerker	Eigentümer einer unter Wiederverwendung von Baumaterialien sanierten Immobilie, Erfahrung in der Wiederverwendung von Baumaterialien
16	Herr L.	Architekturstudium	Angestellter Architekt i. R.	Architekt mit Schwerpunkt Denkmalpflege
17	Frau A.		Mitinhaberin eines Sägewerkes und einer Holzhandlung	Vertrieb von Altholz
18	Herr K.		Inhaber einer auf Altholz spezialisierten Holzhandlung	Vertrieb von Altholz
19	Herr C.	Jurastudium, Promotion	Hochschulprofessor	anerkannter Experte für öffentliches Recht, Umweltrecht und Technikrecht, u. a. Gutachter im Auftrag des Bundestages
	Herr D.	Umweltingenieur	Wiss. Mitarbeiter	Forschung zu Kreislaufwirtschaft und LCA
20	Frau Q.	Architekturstudium	Mitinhaberin eines Architektur- und Beratungsbüros für energieeffizientes Bauen	Lehrbeauftragte an einer Hochschule
21	Herr E.	Bauingenieursstudium, Promotion	Stellv. Leiter einer staatlichen Materialprüfanstalt	Expertise in der Prüfung von Baustoffen und Baukonstruktionen
22	Herr W.	Architekturstudium	Mitinhaber eines mittelgroßen Architekturbüros	Vorsitzender einer Kreisgruppe einer Architektenvereinigung
23	Herr N.	Architekturstudium	Inhaber eines Architekturbüros, Unternehmer, Berater	Erfahrung in der Umsetzung von Wiederverwendungsprojekten unterschiedlicher Maßstäbe, Unternehmensgründer und Pionier im Bereich Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

## 10. Rechtliche Hürden zur Nutzung gebrauchter Baumaterialien

Punkt	Beschreibung der Hürde (in Schlagworten)	Ursachen / Formen der Hürde (kurze, ggf. schlagartige Erläuterung)	Auswirkung der Hürde (kurze, ggf. schlagwortartige Erläuterung)	Empfehlung zur Verbesserung (kurze, ggf. schlagwortartige Erläuterung)
1.1 – 1.2	Produkte und die darin enthaltenen Rohstoffe sind auf den einmaligen Gebrauch statt auf die Wiederverwendung ausgelegt	Rechtliche Vorschriften zu Anforderungen an Bauprodukte, bspw. Abfallrecht	Direkte Wieder- bzw. Weiterverwendung gebrauchter Produkte erschwert	Gesetzgeber sollte effizientere Nachnutzung und damit Verbleib im Produktkreislauf ermöglichen
1.3, 1.6 und 4.6	Verlust des Produktstatus gebrauchter Bauprodukte und Übergang zu Abfall unter bestimmten Voraussetzungen	§ 3 Abs. 1 Satz 1 KrWG: Produkt wird zu Abfall, sobald der Verwendungszweck eines Produktes aufgegeben wird	Unsicherheiten Beteiligter schränken Wiederverwendung gebrauchter Bauprodukte erheblich ein	Regelungen treffen, die die Klassifizierung als Abfall vermeiden; Abfallrecht des KrWG zu Abfallvermeidungsrecht fortentwickeln
1.4 – 1.5	Überführung der zu Abfall gewordenen gebrauchten Bauprodukten als Rohstoff in Bereich des Produktrechts erschwert	Gütesicherte Einhaltung strenger Bedingungen hinsichtlich Produkt- und Materialeigenschaften nach Abfallrecht	Aufwendigere Gütesicherung zur Einhaltung von Schadstoffgrenzwerten verglichen mit originär gewonnenen Rohstoffen	Technische Normen und Vorschriften für originäre und recycelte Produkte schaffen und vorhandene Vorschriften ergänzen; Einführung eines Materialpasses für Bauprodukte mit Informationen und Risiken
1.7	Wiederverwendbare Bauprodukte oder Baumaterialien werden nicht wie gesetzlich vorgesehen genutzt	Wiederverwendung ist entsprechend des geringeren Zeit- und Kostenaufwands attraktiver	Verwendung bspw. als Schüttung im Straßenbau	Bestmögliche Verwendung durch geeignete Instrumente wie Rückbau-/ Umbau- und Weiternutzungs-/ Verwertungskonzept fordern
1.8, 1.3	Weiteres Vorgehen nach Ausbau von wiederverwendbaren Bauprodukten bzw. Baumaterialien unklar	Unzureichend auf Langlebigkeit ausgelegt; Übergang des Bauproduktes zu Abfall i. S. d. § 3 Abs. 1 Satz 1 KrWG nach Ausbau	Mehrzyklische Nutzung von Bauprodukten bzw. Baumaterialien erschwert	Rücknahmeverpflichtung von Herstellern von Bauprodukten, um mehrzyklische Nutzung zu erreichen

1.9	Ausbau, Lagerung, Vermarktung und Einbau gebrauchter Bauprodukte zwar ökologisch sinnvoll, aber oft nicht wirtschaftlich umsetzbar	Vorteile für Allgemeinheit, wie effizienter Umgang mit Ressourcen oder reduzierter Schadstoffausstoß, in Geschäftsmodell nicht monetär abbildbar	Wiederverwendung gebrauchter Bauprodukte nicht ökonomisch sinnvoll	Pigou-Steuer zur Beeinflussung klassischer, nicht internalisierter externer Effekte
1.10	Selbst die Gründung einer Institution, die sich im Auftrag der Abfallwirtschaftsbehörde um die Nutzung verwertbarer Baumaterialien/-Produkte kümmert, reicht nicht für wirtschaftliche Wiederverwendung aus	Fehlende Möglichkeit, wirtschaftliche Defizite zu refinanzieren	Verhinderung der Wiederverwendung gebrauchter Bauprodukte und verwertbarer Baumaterialien	Gesetzlich geregelte Möglichkeit zur Refinanzierung wirtschaftlicher Defizite, denen ökologische Vorteile gegenüberstehen, bspw. mittels Abfallgebühren
2.1 – 2.3	Fehlender Ansatz zur Weiternutzung gebrauchter Bauprodukte außerhalb des Abfallrechts	Bei Abbruch oder Umbau baulicher Anlagen anfallende gebrauchte Bauprodukte unterliegen im Regelfall dem Abfallrecht	Wiederverwendung wird kein Vorrang eingeräumt; Behandlung als Abfall wird vorgezogen	Auch außerhalb von Baugenehmigungsverfahren Abbruch und Umbau baulicher Anlagen mit generellem Erlaubnisvorbehalt aus umweltrechtlicher Sicht versehen;  gesetzliche Regelung für Rückbau-/ Umbau- und Weiternutzungs-/ Verwertungskonzept;  Selektive Begrenzung des Rückbaus durch Einführung verbindlicher Kriterien für den Erhalt auf Bauwerken bzw. Bauwerksteilen

2.5	In Vergangenheit Verwendung, aus heutiger Sicht, gefährlicher und umweltgefährdender Stoffe und Materialien	Rechtmäßige Verwendung gebrauchter Baumaterialien ungewiss	Unsicherheiten hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit älterer, potentiell schadstoffbelasteter Baustoffe im Fall eines Rückbaus	Bauteil-/ Materialerkundung mit Rückbau-/ Umbau- und Weiternutzung/ Verwertungskonzept mit nachfolgendem selektivem Rückbau;  Einrichtung von Vertragsketten-/ Netzwerk bei Rückbauplanung zur rechtlich verbindlichen Festlegung von Verwendungskonzepten mit jeweils vorgesehenen Weiterverwendungszwecken
3.1	Zwischenlagerung als Abfall klassifizierter gebrauchter Bauprodukte oder anderer verwertbarer Baumaterialien verursacht Genehmigungsaufwand	Pflichten zur Genehmigung nach BImSchG in Abhängigkeit der Gesamtlagerkapazität von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen	Lagerung gebrauchter Bauprodukte wird erschwert	Zuordnung gebrauchter Bauprodukte zum Abfall vermeiden und Lockerung der Genehmigungspflicht für die Zwischenlagerung als Abfall eingestuft verwertbarer Baumaterialien
3.2	Mobiles Brechen von Beton am Abfallentstehungsort nicht genehmigt, obwohl gebrochenes Material vor Ort wieder eingebaut werden soll	Materielle Anforderungen nach §§ 22 ff BImSchG müssen eingehalten werden, darunter die TA Lärm	In Einzelfall Transport erheblicher Mengen Betonbruch über größere Strecken, um diesen andersorts zu brechen und anschließend zurückzufahren	Gesetzgeber sollte prüfen, ob befristet und auf notwendiges Maß beschränkt erhöhte Belastungen der Anwohner zur Vermeidung ansonsten entstehender Umweltbeeinträchtigungen hinzunehmen ist
4.1	Bauproduktenrecht (EU-Bau-PVO) unterscheidet nicht zwischen „neuen“ und „gebrauchten“ Bauprodukten und leistet keinen unmittelbaren Beitrag zu Weiter-/ Wiederverwendung	Hersteller verpflichtet zur Erstellung von Leistungserklärung für Bauprodukte, die bei Inverkehrbringen CE-Kennzeichnung tragen müssen	Individuelle Prüfungen aus baulicher Anlage entnommener Bauprodukte zum Erhalt von CE-Kennzeichnung erzeugen zusätzliche Kosten und verhindern so Weiternutzung	Zusammenfassende Prüfung aus baulichen Anlagen entnommener gebrauchter Bauprodukte nicht ausreichend;  EU-Gesetzgeber gefordert, ergänzende Regelungen für einfacheren

				Erhalt der CE-kennzeichnung zu treffen
4.2	Erneutes Inverkehrbringen rechtlich problematisch	Baubetriebe werden zu Herstellern i. S. d. EU-BauPVO und müssen damit einhergehende Pflichten erfüllen; Regelungen des Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetzes (EVPG) einschlägig	Anforderungen bei erneutem Inverkehrbringen nicht praxisgerecht und somit Wieder- und Weiterverwendung erschwert	Gesetzgeber sollte praxisgerechte Regelungen für Problematik des erneuten Inverkehrbringens von Bauprodukten treffen
4.3	Einsatz recycelter Baumaterialien bzw. Recyclat-Anteilen auf Grund Gewährleistungsrisiken nicht im Interesse von Bauunternehmen	Gewährleistungsrisiken bei der erneuten Verwendung auf Grund des Vertragsrechtes	Zurückschrecken vor Ausschreibung gebrauchter Bauprodukte	Auftraggeber müssten Haftung für die Verwendung entsprechender gebrauchter Materialien übernehmen, dafür muss ein Anreiz geschaffen werden
4.4 und 4.5	Fehlender Anreiz für Bauherren, bei Neu- oder Umbau gebrauchte Bauprodukte oder verwertbare Baumaterialien einzusetzen	Wieder- oder Weiterverwendung gebrauchter Materialien unwirtschaftlich und Haftungsansprüche komplex (siehe 4.3)	Bauherren ziehen neue gebrauchten Bauprodukten und Baumaterialien vor	Verpflichtung, beim Bau anteilig gebrauchte Bauprodukte zu verwenden; Finanzielle Anreize schaffen; Öffentliche Bauherren sollten Vorbildfunktion entsprechend Rezyklatanteil bei ihren Baumaßnahmen erhöhen
4.6	Kreislaufwirtschaftsgesetz in Bezug auf Wiederverwendung nicht ausreichend	Abfallhierarchie zwar vorhanden aber in der Umsetzung nicht zwingend	Produkte die höherwertig verwendet werden könnten werden minderwertig verwendet	Bedeutung der hochwertigen Verwendung in der Abfallhierarchie betonen / in der Umsetzung stärker kontrollieren

---

## **11. Repräsentanten und Materialdatenbank**

---

Die Anhänge können auf Anfrage in digitaler Form zur Verfügung gestellt werden. Wenden Sie sich dazu bitte schriftlich an die WieBauin-Projektleitung.