

Leitfaden RessourcenPlan



Teil 3: Anwendungs- und Planungshilfen

3.5.1: Baukonstruktionskatalog – Erläuterungen

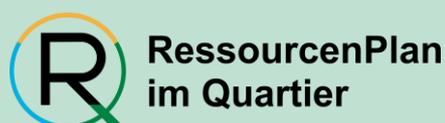


FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

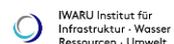
Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

RESOZ
Ressourceneffiziente
Stadtquartiere

Ergebnisse des Projekts



Februar 2023



Jung Stadt Konzepte



Impressum

Autoren und beteiligte Institutionen

Autoren	Institution
Celestin J. Stretz, Marie L. Nießen, Gotthard Walter, Sabine Flamme	FH Münster, IWARU, Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt

Herausgeber

FH Münster
IWARU Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt
Corrensstraße 25
48149 Münster

Ansprechpartner

Celestin Stretz
FH Münster
IWARU Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt
Mail: c.stretz@fh-muenster.de

Danksagung

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Forschungsprojektes R2Q „RessourcenPlan im Quartier“ durchgeführt. Das Projekt wurde unter den Förderkennzeichen 033W102A-K durch das BMBF im Rahmen der Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung RES:Z „Ressourceneffiziente Stadtquartiere“ gefördert (<https://ressourceneffiziente-stadtquartiere.de/>). Die Fördermaßnahme ist Teil der Leitinitiative Zukunftsstadt innerhalb des BMBF-Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung – FONA³“.

Verfügbarkeit und Verwendung

Dieses Dokument ist Teil der Publikationsreihe „Leitfaden RessourcenPlan“. Sie ist online verfügbar unter www.fh-muenster.de/r2q-leitfaden-ressourcenplan.

Bitte zitieren als:

Stretz, C.J., Nießen, M.L., Walter, G., Flamme, S. (2023): *Leitfaden RessourcenPlan – Teil 3.5.1: Baukonstruktionskatalog – Erläuterungen. Ergebnisse des Projekts R2Q RessourcenPlan im Quartier*. Münster: FH Münster, IWARU Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt. doi: [10.25974/fhms-15762](https://doi.org/10.25974/fhms-15762).



Dieses Dokument ist unter einer Open Access Creative Commons CC BY 4.0-Lizenz lizenziert ([Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)). Das bedeutet, dass das Dokument kostenlos heruntergeladen und gelesen werden kann. Darüber hinaus darf das Dokument wiederverwendet und zitiert werden, sofern die veröffentlichte Originalversion zitiert wird.

Münster, Februar 2023

Vorwort

Im Verbundprojekt R2Q Ressourcenplan im Quartier wurde gemeinsam mit neun Partnern aus Wissenschaft und Praxis der „RessourcenPlan“ entwickelt. Dieser soll als integriertes, anwendungsorientiertes Instrument den Ressourcenschutz effizient in die kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozesse verankert werden. Um die effiziente Nutzung der Ressourcen Wasser, Baustoffe, Energie und Fläche zu analysieren, bewerten und optimieren werden Bewertungstools bereitgestellt. Die kommunalen Akteure erhalten damit eine transparente Argumentationsgrundlage zur Umsetzung der Transformationsprozesse eines effizienten Ressourcenmanagements im Quartier.

Ziel des Projektes für die Ressource Baustoffe ist die Förderung einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft (im Sinne einer Circular Economy) der Materialien aus dem Hoch- und Tiefbau, durch ein integrales und vorausschauendes Stoffstrommanagement. Dazu soll als Grundlage ein bundesweit übertragbares Modell zur Abbildung spezifischer kommunaler Materiallager im Hoch- und Tiefbau (Gebäude, Straßen und Wege sowie Abwasserinfrastruktur), sowie deren zeitlicher Veränderung erarbeitet werden. So wurde bereits in der Konzeptionierung besonders auf die Übertragbarkeit und Praktikabilität des Ansatzes geachtet. Demnach spielt die (bundesweite) Verfügbarkeit der Daten sowie die Nutzung von Open-Source- und Standardsoftware eine wichtige Rolle.

Das in diesem Kontext entwickelte Baustoffhaushaltsmodell (BHM) ermöglicht die Abbildung des Ist-Zustands und damit die nötige Informationsbasis zur Quartiersbewertung mithilfe verfügbarer Bewertungssystematiken wie z. B. der Ökobilanzierung.

Darauf aufbauend können u. a., in den Bereichen Baustoffwahl, Verwaltung und Verwertung Maßnahmen abgeleitet, simuliert und mithilfe geeigneter Bewertungsindikatoren auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

Hinweis: Struktur des „Leitfaden RessourcenPlan“

Der „Leitfaden RessourcenPlan“ dient der anwendergerechten Darstellung der Ergebnisse des BMBF-Projekts „RessourcenPlan im Quartier (R2Q)“. Der Leitfaden

- *definiert den RessourcenPlan* als neuen Planungsansatz für das Ressourcenmanagement im Quartier inklusive seiner Anwendungs- und Bewertungsroutinen;
- diskutiert darauf aufbauend einzelne *Elemente des Ressourcenmanagements* für die Schwerpunkte (i) Wasser, (ii) Baustoffe, (iii) Energie und (iv) Fläche und
- stellt ergänzende *Anwendungs- und Planungshilfen* bereit.

Zur übersichtlichen Lesbarkeit und Anwendbarkeit untergliedert sich der Leitfaden in mehrere Teile, die in der folgenden Grafik dargestellt werden. Die einzelnen Teile stehen unter <https://www.fh-muenster.de/r2q-leitfaden-ressourcenplan> zum Download zur Verfügung.

<p>Teil 1: Konzeption des RessourcenPlans</p>	<p><i>Definition RessourcenPlan</i> <i>Definition RessourcenPlan als Planungsinstrument inkl. Bewertungssystematik</i> <i>Herleitung RessourcenPlan als rechtliches Instrument</i> <i>Empfehlungen für Beteiligungsformate</i></p>		
<p>Teil 2: Elemente des RessourcenPlans</p>	<p>2.1: Ressourcenmanagement Niederschlagswasser</p> <p>2.2: Ressourcenmanagement Schmutzwasser</p> <p>2.3: Ressourcenmanagement Baustoffe</p> <p>2.4: Ressourcenmanagement Energie</p> <p><i>Sektorale Betrachtungen zu</i> <i>(i) Werkzeugen des Ressourcenmanagements und</i> <i>(ii) Bewertung der Ressourceneffizienz</i></p> <p><i>Aufstellung sektoraler RessourcenPläne</i></p>	<p>2.5: Ressourcenmanagement Fläche</p> <p><i>Integrierte, lokal-funktionale Betrachtungen zu</i> <i>(i) Werkzeugen des Ressourcenmanagements und</i> <i>(ii) Bewertung der Ressourceneffizienz</i></p> <p><i>Aufstellung RessourcenPlan</i></p>	
<p>3.1: Kurzanleitung RessourcenPlan</p>			<p><i>Schritt-für-Schritt-Anleitung;</i> <i>Kurzübersichten zu Treibern, Indikatoren, Instrumenten und Daten</i></p>
<p>3.2: Lernen von anderen – Booklet „Best-Practice“</p>			<p><i>Best-Practice-Beispiele für Planungs- und Beteiligungsprozesse, Verwaltungsstrukturen und Quartiersgestaltung</i></p>
<p>3.3: Maßnahmensteckbriefe</p>			<p><i>Maßnahmensteckbriefe für Maßnahmen des Quartiersmanagements für Wasser, Baustoffe und Energie</i></p>
<p>3.4: Stakeholder-Beratung blau-grüne Infrastrukturen</p>			<p><i>Empfehlungen und Materialien für die Stakeholderberatung zum Thema blau-grüner Infrastrukturen</i></p>
<p>3.5: Baukonstruktionskatalog (Aufteilung in zwei Dokumente)</p>	<p><i>Katalog zur Abschätzung von Materialmengen und -zusammensetzungen verschiedener Baukonstruktionen</i> 3.5.1: Erläuterungen 3.5.2: Steckbriefkatalog</p>		

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1 Einleitung.....	3
1.1 Hintergrund.....	3
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Methodische Vorgehensweise.....	4
2 Baukonstruktionskatalog	5
2.1 Hintergrund.....	5
2.2 Aufbau.....	5
2.3 Steckbriefe	7
3 Bewertung.....	10
3.1 Grundlage.....	10
3.2 Bewertungskriterien	11
3.2.1 Rückbaubarkeit.....	11
3.2.2 Wiederverwendbarkeit.....	12
3.2.3 Recyclingfähigkeit.....	13
3.3 Baustoffe: Allgemeines, Recycling, Entsorgung.....	14
3.3.1 Beton	14
3.3.2 Porenbeton	15
3.3.3 Kalksandstein	17
3.3.4 Ziegel	18
3.3.5 Gipsbaustoffe.....	19
3.3.6 Mineralwolle.....	20
4 Praktische Erarbeitung	22
4.1 Vorgehen.....	22
4.2 Probenahme.....	22
4.3 Auswertung.....	24
Literaturverzeichnis	28
Abbildungsverzeichnis	30

Tabellenverzeichnis31

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Bestehende Gebäude des Hochbaus und die durch sie gebundenen Materialien bilden einen großen Teil des anthropogenen Lagers. Für den steigenden Bedarf an Rohstoffen stellt das anthropogene Lager eine bedeutende Rohstoffquelle dar. Die gebundenen Materialien können als Sekundärrohstoffe in den Kreislauf zurückgeführt werden, dies erfordert jedoch eine möglichst detaillierte, bundesweite Dokumentation des Gebäudebestands. Die Dokumentation der Materialien und deren Verfügbarkeit ist bisher allerdings unzureichend, die Datengrundlage über den Gebäudebestand nicht flächendeckend verfügbar. Die Veränderungsdynamik des Gebäudebestands und der verfügbaren Materialien ist kaum abschätzbar und ist nur durch Hochrechnungen teilweise abbildbar. Um Bauwerke mit ihren Materialmengen, ihrer spezifischen Materialzusammensetzung sowie ihrer Veränderungsdynamik erfassen zu können, ist eine bundesweite Datengrundlage und ein bundesweit übertragbares Modell zur Abbildung spezifischer kommunaler Materiallager notwendig.

Bisher wurden in Forschungsprojekten für die Erfassung der Materialmengen und -zusammensetzung bestimmter Gebäudetypen lediglich theoretische Kennwerte zugrunde gelegt. Anhand der theoretischen Kennwerte werden Hochrechnungen bestimmter als repräsentativ eingestufte Gebäudetypen getätigt, die das Materiallager abbilden. Diese Werte bilden jedoch den Gebäudetyp in dem Zustand ab, der bei der Errichtung geplant wurde. Veränderungen können anhand dieser Daten nicht abgeleitet werden. Bei einem Rückbau oder Abbruch eines Gebäudes stellt dies die beteiligten Akteure vor die Herausforderung, dass wenig oder kaum Kenntnisse über die Gebäudesubstanz bekannt sind. Dadurch ist eine Rückgewinnung von Materialien als wichtige Sekundärrohstoffe und eine Schließung der Kreislaufwirtschaft kaum umzusetzen. Eine Möglichkeit, die Datenlage zu verbessern, sieht eine Untersuchung der Bauteile in der Praxis vor, aus welcher Materialkennwerte generiert werden können.

1.2 Zielsetzung

Zielsetzung der vorliegenden Ausarbeitung ist es, eine wissenschaftliche Grundlage zu schaffen, die typische Baukonstruktionen und ihre charakteristischen Merkmale abbildet und den kommunalen Akteuren als Handlungshilfe bei der Bewertung von Baukonstruktionen dienen kann. Die Handlungshilfe umfasst einen Baukonstruktionskatalog, der eine

Zusammenstellung der typischen Baukonstruktionen von Wohngebäuden darstellt. Diesem Katalog vorangestellt ist die Beschreibung der Arbeitsschritte, die für die Umsetzung und Erstellung des Baukonstruktionskatalogs durchgeführt wurden. Dabei werden der materielle Aufbau und die Funktion der Bauteile betrachtet. Für jedes betrachtete Bauteil wurde ein Steckbrief erstellt, der die wichtigsten Informationen gebündelt darstellt. Er enthält allgemeine verständliche Informationen zur Ein- und Abschätzung von Konstruktionen. Zusätzlich dient der Baukonstruktionskatalog als Hilfestellung bei der Spezifizierung eines Wohngebäudes sowie der zu erwartenden Stoffströme. Für die Einschätzung der Potenziale hinsichtlich Rückbau, Wiederverwendung, Recycling und Entsorgung werden Kurzinformationen gesammelt beschrieben.

1.3 Methodische Vorgehensweise

Um die Materialzusammensetzung eines Gebäudes zu bestimmen, ist es zielführend, die Bauteile als einzelne Komponenten des Bauwerks zu erfassen. Bauteile sind die charakteristischen Merkmale des Bauwerkes und können durch ihren Aufbau in ihrer Materialzusammensetzung spezifiziert werden.

In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden dazu die relevanten Bauteile ermittelt, die in einem Wohngebäude vertreten sind. Für eine weitere Eingrenzung wurde ermittelt, welche Bauteile den wesentlichen Masseanteil des Gebäudes ausmachen und hierfür die entsprechenden, typischen Baukonstruktionen erarbeitet. Zusätzlich wurden Basisdaten wie regionale Verteilung, Verbreitungsgrad, Baualter und Konstruktionsweise erhoben. Der Erfassung wurden vorhandene Typologien zugrunde gelegt.

In einem zweiten Schritt, wurden aufbauend auf den Basisdaten die Steckbriefe für die Konstruktionen erstellt. Wichtiger Bestandteil sind der Konstruktionsaufbau und die Materialkennwerte. Diese Angaben werden durch Kurzbeschreibungen ergänzt, die die wichtigsten Informationen des Bauteils abbilden. Um die Baukonstruktion in ihrer Funktionsweise zu erhalten, werden Maßnahmen im Bestand untersucht. Dazu werden mögliche Schadbilder beschrieben, die in der Konstruktion auftreten können. Ist der Erhalt einer Konstruktion nicht mehr möglich, werden abschließend Rückbauverfahren sowie die Entsorgungswege der Materialströme beschrieben. Abschließend erfolgt eine Bewertung des Bauteils hinsichtlich Rückbaubarkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit.

In einem dritten Schritt wird eine Probeentnahme von Bauteilen aus dem Bestand entwickelt und umgesetzt. Die Untersuchung und Auswertung werden abschließend vorgestellt. Die erhobenen Daten ermöglichen einen Vergleich der theoretisch erhobenen Daten, mit denen aus der Praxis generierten. Da ein solches Verfahren in der Praxis bisher

in keinem vergleichbaren Forschungsprojekt umgesetzt wurde, ist eine Qualität der Ergebnisse nicht abzuschätzen. Aufgrund mangelnder Vergleichsdatensätze werden die Praxiswerte mit den Literaturwerten der Steckbriefe verglichen.

2 Baukonstruktionskatalog

2.1 Hintergrund

Derzeit steht keine einheitliche Datenbasis zur Verfügung, die es ermöglicht, ein bestehendes Gebäude in seinen Materialmengen und -zusammensetzungen zu erfassen. Kenntnisse über gebundene Materialien in Gebäuden sind jedoch Voraussetzung, um die Ressourceneffizienz im Bauwesen zu steigern und eine geschlossene Kreislaufwirtschaft zu fördern.

Fachplaner und andere Akteure stehen vor der Problematik, zu den im Gebäude verwendeten Materialien kaum oder wenig Informationen zu haben. Die jeweiligen Baukonstruktionen zeigen die in Wohngebäuden typischen Bauteile, wobei die Bauteilebenen von der Gründung bis zum Dach betrachtet werden. Der Baukonstruktionskatalog zeigt typische Baukonstruktionen, die über eine große Zeitspanne hinweg eingesetzt worden sind bzw. es bei Neu- oder Umbauvorhaben noch werden. Der Aufbau des Baukonstruktionskatalogs bezüglich der Auswahl der zu betrachtenden Bauteile sowie die Auswahl der relevanten Konstruktionsarten werden in Kap. 2.2 beschrieben.

Als Grundlage für die Erarbeitung dienen die Veröffentlichungen des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen e. V. (ZUB) „Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten“ und die des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) „Bauteilkatalog“. Die methodische Vorgehensweise erfolgt nach den Schritten eins und zwei, die einleitend beschrieben wurden (vgl. Kap. 1.3).

2.2 Aufbau

Grundlage für die Wahl und Reihenfolge der Bauteile ist die DIN 276 – Kosten im Bauwesen. Die Gliederung der Norm unterteilt das Bauwerk in Kostengruppen, wobei jede Kostengruppe eine spezifische Bauteilgruppe angibt (s. Tabelle 1). Die Kostengruppen folgen einer Nummerierung, die sich in verschiedene Ebenen gliedert. Die folgende Einteilung richtet sich nach Ebene zwei der *Hauptkostengruppe 300 Bauwerk* und ist maßgeblich für die Auswahl der Baukonstruktionen.

Tabelle 1: Hauptkostengruppe 300 Bauwerk, Ebene 2 (Auszug) [DIN 276]

310	Baugrube/Erdbau
320	Gründung
330	Außenwände
340	Innenwände
350	Decken
360	Dächer
370	Infrastrukturanlagen
380	Baukonstruktive Einbauten
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen

Für die Ausarbeitung der einzelnen Steckbriefe wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Kostengruppen der zweiten Ebene eingegrenzt. Dabei wurden die Kostengruppen betrachtet, die die wesentlichen Bauteile eines Gebäudes umfassen. Sie bilden die sog. Gebäudehülle, von der Gründung bis zum Dach des Gebäudes, inklusive der Innenwände (in der Tabelle farblich hinterlegt). Auf Grundlage dieser Eingrenzung wurden Steckbriefe für die **Kostengruppen 320 Gründung, 330 Außenwände, 340 Innenwände, 350 Decken und 360 Dächer** erstellt. Auf der dritten Ebene der Kostengruppe 300 sind die Bauteile nach ihrer Konstruktionsweise gegliedert. Ebene drei der Kostengruppe ist für die Auswahl der typischen Baukonstruktions-Vertreter entscheidend. Sie grenzt die Bauteile in ihrer Funktionsweise ein, z. B. tragende oder nichttragende Innenwände. Priorisiert betrachtet werden hier die Kostengruppen, durch die die wesentlichen Baukonstruktionen eines Wohngebäudes vertreten sind (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Hauptkostengruppe 300 Bauwerk, Ebene 3 (Auszug) [DIN 276]

300	Bauwerk	3. Ebene der Kostengruppe
320	Gründung	322 Flachgründungen
330	Außenwände	331 Tragende Außenwände
340	Innenwände	341 Tragende Innenwände 342 Nichttragende Innenwände
350	Decken	351 Deckenkonstruktionen
360	Dächer	361 Dachkonstruktionen

In der dritten Ebene wird bspw. die Kostengruppe 332 nichttragende Außenwände nicht in die Steckbriefe aufgenommen. Ihre Funktionsweise stellt einen geringen Anteil der

Außenwände dar und ihr Aufbau sowie die Materialzusammensetzung unterscheidet sich nur unwesentlich zu dem der tragenden Außenwände. Für jede der aufgeführten Bauteile in Tabelle 2 wurden Steckbriefe erstellt. Eine weitere Untergliederung der Bauteile wird durch die Konstruktionsart gegeben. Bei Außen- und Innenwänden ist in erster Linie zwischen ein- und zweischaligen Aufbauten zu unterscheiden. Des Weiteren werden die Baukonstruktionen innerhalb der dritten Ebene nach Hauptmaterialien gegliedert. Eine Differenzierung und Abbildung der Baukonstruktionen erfolgt durch die Materialart. Ziel ist es, dass die üblicherweise eingesetzten Baustoffe der Bauteile in den Baukonstruktionskatalog aufgenommen werden. Es wird immer eine zusammenhängende Konstruktion jeden Bauteils betrachtet, die in der Regel auch als Ganzes zurückgebaut wird. Als Beispiel ist hier die Deckenkonstruktion anzuführen, die mit dem Fußbodenaufbau als zusammenhängendes Bauteil aufgenommen wird.

Die Kostengruppen **310 Baugrube/Erdbau**, **370 Infrastrukturanlagen**, **380 Baukonstruktive Einbauten** und **390 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen** werden nicht in den Baukonstruktionskatalog aufgenommen. Diese Kostengruppen sind für die hier verfolgte Zielsetzung nicht relevant. Sie tragen auf Baustoffebene keinen wesentlichen Anteil am Gebäudebestand und sind bezüglich der Ressource Baustoffe zu vernachlässigen.

2.3 Steckbriefe

Der Steckbrief ist eine Übersicht über das jeweilige Bauteil und kann als eigenständiges Dokument gelesen und verwendet werden. Für eine anwendungsorientierte Nutzung ist der Aufbau jedes Steckbriefs identisch und die Inhalte sind in einer schlüssigen Reihenfolge zusammengestellt.

Folgende Inhalte sind enthalten:

- Abbildung des Bauteils, grafische Darstellung des Bauteils im Bauwerk
- Verbreitungsgrad und regionale Verteilung
- Gebäudeart und Nutzungsdauer
- Kurzbeschreibung
- Baualtersklasse
- Konstruktionsaufbau und Material
- Maßnahmen im Bestand
- Entsorgung / End of Life
- Bewertung (Rückbaubarkeit, Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit)

Abbildung des Bauteils

Die verwendeten Abbildungen der Bauteile sind als beispielhaft anzusehen. In der Praxis können Abweichungen auftreten, insbesondere im Bestand. Zusätzlich wird in einer vereinfachten Darstellung (Piktogramm) die Position des Bauteils im Bauwerk grafisch dargestellt.



Darstellung Bauteil - Außenwand



Darstellung Bauteil - Innenwand

Verbreitungsgrad und regionale Verteilung

Der Verbreitungsgrad wird anhand einer Skala von 0-5 grafisch dargestellt. Die Skala bietet einen Eindruck über die Häufigkeit der dargestellten Baukonstruktion. Die regionale Verteilung erweitert diese Angabe. Sie wird beispielsweise als „deutschlandweit“ oder „vorwiegend Westdeutschland“ angegeben. (Kirchhof & Gissel, 2009)

Gebäudeart und Nutzungsdauer

Die Gebäudeart gibt an, in welchen Gebäuden das Bauteil vertreten ist. Dabei werden in den Steckbriefen nur Wohngebäude betrachtet, wie Einfamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH). Die Bauteile können auch in anderen Gebäudearten vertreten sein, die innerhalb des Baukonstruktionskatalog jedoch nicht betrachtet werden. Die Nutzungsdauer umfasst die Zeitspanne in Jahren, in der ein Bauteil erfahrungsgemäß genutzt werden kann. Sie wird – je nach Baukonstruktion – für das gesamte Bauteil oder Bauteilschichten angegeben. Die tatsächliche Nutzungsdauer der Bauteile oder Bauteilschichten wird vor allem von Bauteileigenschaften, der Ausführungsqualität, der konkreten Beanspruchung und der Wartung/Instandhaltung beeinflusst. Die Angabe dient als Orientierung und wird deshalb mit von-bis-Werten angegeben, unter Vorbehalt jeglicher Abweichungen in der Praxis. (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung; Kompetenzzentrum der Initiative "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen", 2006)

Kurzbeschreibung

Die Kurzbeschreibung umfasst die wesentlichen Aspekte, die die Funktion des Bauteils beschreiben sowie eine Erläuterung des Aufbaus. Es sind Informationen enthalten, die zum weiteren Verständnis der Steckbriefinhalte beitragen.

Baualtersklasse

Die Baualtersklasse dient dazu, Wohngebäude entsprechend ihrem Baujahr in Gruppen einzuteilen. Die Gruppen sind in Form von unterschiedlich langen Zeitspannen definiert, beginnend vor 1918 bis nach 2009. Sie werden grafisch in den Kategorien „nicht anzutreffen“, „teilweise anzutreffen“ und „häufig anzutreffen“ angegeben (s. Abbildung 1). (Klaus, 2021)

Die Angaben sollen gemeinsam mit der Nutzungsdauer eine Abschätzung ermöglichen, wann Bauteile und ihre zugehörigen Materialien durch Rückbau- oder Abbruchmaßnahmen freigesetzt werden und somit in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden. Das wesentliche Ziel ist es, mithilfe der Angaben, die Ressourceneffizienz zu steigern.

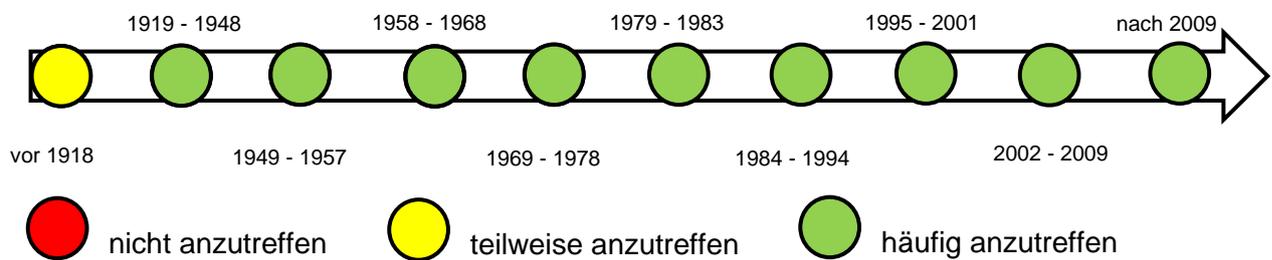


Abbildung 1: Zeitstrahl Baualtersklasse [Eigene]

Konstruktionsaufbau und Material

Als wesentlicher Bestandteil des Steckbriefs werden Materialien und Konstruktionsaufbau des Bauteils genau angegeben. Die Materialien werden in einer Tabelle, entsprechend der Schichtenreihenfolge, mit ihrer Dicke, Rohdichte und Masse angegeben. Die Materialkennwerte werden aus DIN-Normen oder Bautechnischen Zahlentafeln entnommen. Der Konstruktionsaufbau als bautechnische Zeichnung zeigt den Querschnitt des Bauteils mit der Nummerierung der Schichten.

Konstruktionsaufbau und Material

Nr.	Material	Dicke [m]	Rohdichte [kg/m ³]	Masse [kg]
1	Gipsputz	0,01	900	9
2	Porenbeton	0,115	500	58
3	Gipsputz	0,01	900	9

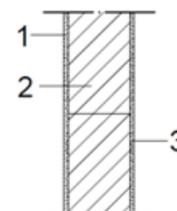


Abbildung 2: Beispiel - Konstruktionsaufbau und Material [Eigene]

Maßnahmen im Bestand

Für den Erhalt der Funktionsweise einer Baukonstruktion sowie den Erhalt eines Gebäudes müssen regelmäßig Instandhaltungs-, Wartungs- und Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden. An dieser Stelle werden übliche Schadbilder, die durch mangelnde Ausführung oder fehlende Instandhaltung an der Konstruktion auftreten können, beschrieben. Wichtige Aspekte sind u. a. die statische Sicherung des Gebäudes. Es werden gängige Verfahren beschrieben, die einer Beseitigung des Schadens dienen können. Die genannten Maßnahmen sind jedoch immer fachgerecht zu überprüfen und können in der Praxis von den beschriebenen Maßnahmen abweichen.

Entsorgung / End of Life

In diesem Abschnitt werden gängige Verfahren beschrieben, die beim Rückbau des Bauteils angewendet werden können. Die Rückbauverfahren gehen von einem selektiven Rückbau aus, der eine möglichst sortenreine Trennung der Bauteilschichten ermöglicht. End of Life beschreibt das Nutzungsende, das zu einem Rückbau oder Abbruch und somit zu einer Entsorgung führt. Es werden Recyclingoptionen der jeweiligen Baustoffe beschrieben. Falls Baustoffe keiner stofflichen Verwertung zugeführt werden können, werden Entsorgungsmöglichkeiten, wie bspw. Deponierung, genannt.

Bewertung

Die Bewertung wird am Ende jeden Steckbriefs tabellarisch dargestellt und erfolgt auf Grundlage der zuvor ausgearbeiteten Inhalte hinsichtlich Rückbaubarkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit. Die Auswahl der genannten Bewertungskriterien wird in Kap. 3.2 erläutert. Außerdem werden die Kriterien für eine eindeutige Abgrenzung definiert und deren Anwendung beschrieben. Die Bewertung ist als Hilfestellung für eine qualitative Einschätzung des Bauteils anzusehen.

3 Bewertung

3.1 Grundlage

Die Bewertung stellt in den Steckbriefen ein wichtiges Mittel dar, um zu beurteilen, inwiefern die relevanten Bauteile aus konstruktiver und aus stofflicher Sicht kreislauffähig sind. Sie ist als Hilfestellung anzusehen, die bei geplanten Rückbau- und Abbruchmaßnahmen, aber auch bei Neu- und Umbaumaßnahmen die Potenziale der Baukonstruktion aufzeigt. Um eine übersichtliche, aber aussagekräftige Bewertung zu erzielen, wur-

den die folgenden drei Kriterien gewählt: **Rückbaubarkeit, Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit**. Die durch die Kriterien ermittelte Bewertung bezieht sich auf die Baukonstruktion als eigene Einheit. Hierbei ist zu beachten, dass nur die Baukonstruktionen innerhalb der dritten Ebene einer Kostengruppe (z. B. 341 Tragende Innenwände) verglichen werden können. Des Weiteren ist die Bewertung ohne Fachexpertise nicht auf Baukonstruktionen ähnlicher Bauteile übertragbar. Ziel der Bewertung ist eine allgemeine Einordnung der Baukonstruktion hinsichtlich der genannten Bewertungskriterien, die verständlich und gut nachvollziehbar ist. Sie soll einen Anreiz für die zirkuläre Wertschöpfung der Ressource Baustoffe schaffen und Verbesserungspotenziale aufzeigen.

3.2 Bewertungskriterien

Die Auswahl der Kriterien richtet sich neben rechtlichen Vorgaben (z. B. Kreislaufwirtschaftsgesetz) nach einschlägiger Literatur hinsichtlich der Bewertung von Baukonstruktionen im Bauwesen, wie z. B. durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB). Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) bietet darüber hinaus die Plattform „ÖKOBAUDAT“ an, eine Datenbasis für die Ökobilanzierung von Gebäuden.

Nachfolgend werden für die jeweiligen Kriterien die Definition, die bauteilbezogene Anwendung sowie die Bewertungssystematik formuliert. Bei der Bewertung wird davon ausgegangen, dass der Rückbau selektiv erfolgt und die Materialien nach Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) entsprechend der Vorgaben getrennt gesammelt werden.

3.2.1 Rückbaubarkeit

Definition

Beschreibt die Demontagemöglichkeit der Bauteile sowie die Möglichkeit einer einfachen, sortenreinen Trennbarkeit der Baumaterialien. Folgende Parameter wirken sich auf die Bewertung aus:

- Zugänglichkeit des Bauteils
- Verbund des Bauteils im Bauwerk
- Verbund des Bauteils oder der Bauteilschicht mit angrenzenden Bauteilen
- Trennbarkeit mehrschichtiger und/oder inhomogener Bauteile
- Demontierbarkeit von Verbindungen

Die Rückbaubarkeit des Bauteils steht in engem Zusammenhang mit der Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit.

Anwendung

Die Anwendung der Rückbaubarkeit ist innerhalb der Bewertung nicht bauschichtbezogen, sondern ausschließlich bauteilbezogen. Beim Rückbau eines Gebäudes ist es wichtig, dass eine Trennbarkeit der gesamten Baukonstruktion aus dem Bauwerk möglich ist. Im Rahmen der konstruktiven Sichtweise ist nachzuweisen, dass die Bauteile wieder demontierbar sind, entweder auf der Baustelle oder im Werk. Die Demontierbarkeit kann eine Wiederverwendung des Bauteils ermöglichen. Ein Bauteil ist gut rückbaubar, wenn es mit den auf der Baustelle gängigen Großgeräten und Verfahren vollständig rückgebaut werden kann. Eine schwierige Trennbarkeit von Verbundmaterialien wirkt sich negativ auf die Bewertung aus. Die durch den selektiven Rückbau entstehenden Sekundärrohstoffe müssen sortenrein und hochwertig gewonnen werden, um Recyclingmaterial zu erhalten.

Bewertungssystematik

+: gut rückbaubar, 0: teilweise rückbaubar, - kaum bis gar nicht rückbaubar

3.2.2 Wiederverwendbarkeit

Begriffsbestimmung

Wiederverwendung (§ 3 Abs. 21 KrWG)

Jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren.

Definition

Beschreibt die Möglichkeit der Wiederverwendung funktionsfähiger Bauteile oder der rückgebauten, selektierten Materialien für denselben Zweck, für den sie ursprünglich bestimmt waren.

Anwendung

Die Wiederverwendbarkeit wird innerhalb der Bewertung unabhängig von der Rückbaubarkeit betrachtet. Die Rückbaubarkeit wirkt sich somit nicht positiv oder negativ auf die Wiederverwendbarkeit aus. Jede Materialschicht des Bauteils wird einzeln bewertet. Aus der Bewertung jeder Schicht eine Gesamtbewertung entwickelt, der im Steckbrief angegeben wird.

Positiv auf die Bewertung wirkt sich aus, wenn das Bauteil, Teilbauteil oder auch das Bauprodukt unverändert im Bauwerk verbleiben kann, oder nach geringfügiger Ertüchtigung wiederverwendet wird. Das Bauteil oder Teile der Baukonstruktion können auch

wiederverwendet werden, indem sie ausgebaut und in derselben Funktion in einem anderen Bauwerk wieder eingebaut werden. Dabei ist innerhalb der Bewertung nicht zu berücksichtigen, ob dieses Vorgehen etabliert ist. Es wird bewertet, ob es in der Praxis technisch möglich ist. Negativ auf die Wiederverwendbarkeit wirkt sich aus, wenn das Bauteil oder das Bauprodukt so zerstört wird, dass es keine Möglichkeit einer Wiederverwendung gibt.

Bewertungssystematik

+: gut wiederverwendbar, 0: teilweise wiederverwendbar

- kaum bis gar nicht wiederverwendbar

3.2.3 Recyclingfähigkeit

Begriffsbestimmung

Recycling (§ 3 Abs. 25 KrWG)

Verwertungsverfahren, bei dem Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen für den ursprünglichen oder für andere Zwecke aufbereitet werden.

Definition

Beschreibt, ob ein Recycling der eingesetzten Baustoffe aufgrund der Materialeigenschaften durch technische Verfahren möglich ist.

Anwendung

Die Recyclingfähigkeit wird innerhalb der Bewertung unabhängig von der Rückbaubarkeit betrachtet. Die Rückbaubarkeit wirkt sich somit nicht positiv oder negativ auf die Recyclingfähigkeit aus. Jede Materialschicht des Bauteils wird einzeln bewertet. Aus der Bewertung jeder Schicht wird eine Gesamtbewertung entwickelt, die im Steckbrief angegeben wird.

Ein Material (Baustoff) weist eine hohe Recyclingfähigkeit auf, wenn das Recycling des Materials technisch möglich ist und das Verfahren bereits großtechnisch umgesetzt wurde. In der Bewertung wird vernachlässigt, ob die Recyclingverfahren in der Praxis etabliert und/oder wirtschaftlich sind. Eine schlechte Recyclingfähigkeit liegt vor, wenn es keinerlei technische Möglichkeiten eines Recyclingverfahrens gibt. Für ein qualitatives Recycling ist die Sortenreinheit und Schadstofffreiheit des Materials wichtig.

Bewertungssystematik

+: gut recycelbar, 0: teilweise recycelbar, - kaum bis gar nicht recycelbar

3.3 Baustoffe: Allgemeines, Recycling, Entsorgung

Für die in den betrachteten Baukonstruktionen häufig eingesetzten Baustoffe wird nachfolgend jeweils eine Übersicht erstellt. Neben allgemeinen Informationen zu Art und Einsatzgebiet des jeweiligen Baustoffs werden Kurzinformationen hinsichtlich Recycling und Entsorgung zusammengestellt. Diese dienen als Hilfestellung für die praxisbezogene Anwendung und sollen aktuelle Optionen vor dem Hintergrund der derzeit technischen Möglichkeiten hinsichtlich der Recycling- und Entsorgungssituation zeigen. Bei den Recyclingmöglichkeiten werden Verfahren beschrieben, die schon großtechnisch umgesetzt werden. Abschließend werden für die jeweiligen Baustoffe die Recyclingperspektiven genannt. Ein Rückbau mit einem hohen Grad an Selektivität ermöglicht deutlich bessere Optionen hinsichtlich des Recyclings und einer sonstigen stofflichen Verwertung.

3.3.1 Beton

Allgemeines

Beton ist ein sehr vielseitig einsetzbarer Baustoff u. a. im Hoch- und Tiefbau. Beton besteht aus Zement, Gesteinskörnungen (Sand und Kies), Wasser und bauchemischen Zusatzstoffen. Im erhärteten Zustand weist Beton eine hohe Druckfestigkeit und Dauerhaftigkeit auf. Im Wohnungsbau sind typische Einsatzgebiete Fundamente, Sohlen, Wände, Decken, Balkone und Treppen. Dabei wird zwischen Normal- und Leichtbeton unterschieden. Normalbeton ist die am häufigsten verwendete Betonart und universell im Wohnungsbau einsetzbar. Leichtbeton wird im Wohnungsbau für wärmedämmende Bauteile eingesetzt. Für Bauteile wie Fundamente und Decken, bei denen neben Druckkräften auch Zugkräfte aufgrund der Statik aufgenommen werden müssen, wird der Verbundbaustoff Stahlbeton hergestellt. Der Vorteil dieses Verbundbaustoffs ist, dass die Materialien bei einem Rückbau gut trennbar sind. (Bosold & Grünewald, 2016)

Recyclingsituation

Altbeton muss nach Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) auf der Baustelle von den anderen Bauabfallfraktionen getrennt gesammelt werden. Die getrennte Sammlung wird bereits praktiziert. Bei einem Rückbau können die folgenden zwei Fraktionen entstehen, die nach GewAbfV einer Getrenntsammlung unterliegen: AVV 17 01 01 (Beton) und AVV 17 01 01 (Gemischter Bauschutt). Die Recyclingmöglichkeiten sind abhängig vom Selektierungsgrad beim Rückbau. Beton (AVV 170101) kann so aufbereitet, dass er für die Betonherstellung qualifiziert ist und wieder im Hochbau eingesetzt werden kann. Aus Altbeton wird eine RC-Gesteinskörnung gewonnen, die für die Produktion des Ressour-

censchonenden Betons (R-Betons) verwendet wird. R-Beton wurde bereits für viele Pilotprojekte als Baustoff eingesetzt. Der Einsatz von qualifiziertem RC-Beton unterliegt rechtlichen Regelungen. Neben der Herstellung von RC-Gesteinskörnung kann der Beton oder Bauschutt, je nach Qualität, im Erd- und Tiefbau als RC-Baustoff eingesetzt werden. Dieses Vorgehen wird häufig praktiziert. Sonstige stoffliche Verwertungswege von Altbeton und gemischtem Bauschutt sind der Einsatz als Deponieersatzbaustoff und als Verfüllung. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019a)

Recyclingperspektiven

Durch eine teilweise schwierige Versorgungslage mit Primärrohstoffen und einem hohen Preisniveau wird der Rückgriff auf eine RC-Gesteinskörnung für die Betonindustrie langfristig interessant sein. Der Einsatz von R-Beton hat sich in der Praxis bereits bewährt. Damit R-Beton weiterhin und insbesondere langfristig als Baustoff eingesetzt werden kann, ist die Ausschreibung von R-Beton für Bauvorhaben sinnvoll. Wichtig ist eine entsprechende Infrastruktur, die regional unterschiedlich ist. Forschungsprojekte behandeln weiterhin, wie viel RC-Gesteinskörnung eingesetzt werden kann, ohne die Betonqualität zu verschlechtern. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019a)

Entsorgung

Die stofflichen Eigenschaften des Altbetons ermöglichen ein Recycling zu RC-Gesteinskörnung und verursachen somit niedrige Entsorgungskosten. Werden die Fraktionen bei einem Rückbau oder Abbruch nicht sortenrein getrennt, muss die Entsorgung über die Fraktion „gemischter Bauschutt“ erfolgen, die Entsorgungskosten sind dann deutlich höher. Die Beseitigung des Bauschutts erfolgt mit der Ablagerung auf einer Deponie der Deponieklasse 1. Im Sinne der Schonung von Primärrohstoffen sowie der guten Recyclingmöglichkeiten ist eine sortenreine Trennung des Materials Beton zu empfehlen. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019a; Deutscher Abbruchverband e.V., 2015)

3.3.2 Porenbeton

Allgemeines

Porenbeton ist ein Massivbaustoff aus gemahlenem Quarzsand, Kalk und/oder Zement als Bindemittel, Wasser und weiteren Zuschlagsstoffen. Der Massivbaustoff wird in Ein- und Zweifamilienhäuser sowie mehrgeschossigen Wohnungsbauten eingesetzt. Durch den besonderen Herstellungsprozess entstehen die Poren. Vorteile des Baustoffs sind

die geringe Wärmeleitfähigkeit und die damit guten Wärmedämmeigenschaften. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019e)

Recyclingsituation

Porenbeton hat in der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) keine eigene Abfallschlüsselnummer. Aufgrund des sehr geringen Gipsanteils wird das rückgebaute Material nicht über das typische Mauerwerksbruch-Gemisch (17 01 07 Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik), sondern zusammen mit anderen gipshaltigen Baustoffen über die Abfallschlüsselnummer 17 08 02 erfasst. Die gemeinsame Erfassung im Sinne einer hochwertigen Verwertung gemeinsam mit Gipsbaustoffen (Verweis) ist nicht zielführend. Die Porenbetonsteine können durch ihre mineralischen Anteile nicht in Gipsrecyclinganlagen behandelt werden. Für ein Recycling wird sortenreines Material aus dem Rückbau benötigt. Recyclingverfahren ermöglichen die Verwertung des Materials zu Wärmedämmschüttungen, Substrat für Dachbegrünung oder Hygienestreu. Der Bedarf dieser Materialien kann allerdings durch Produktionsreste der Porenbetonwerke gedeckt werden und stellt somit keine potentielle Verwertungsmöglichkeit für die zukünftig zu erwarteten Massenströme an Porenbetons dar. Eine Verwertung ist zudem nur für die grobe Splittfraktion möglich. Des Weiteren entstehen bei der Zerkleinerung große Mengen Brechsand, die aufgrund der porösen Struktur keiner Verwertung zugeführt werden, sondern auf Deponien beseitigt werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019e)

Recyclingperspektiven

Obwohl es nur geringe Rücklaufmassen von Porenbeton aus dem Rückbau und Abbruch gibt, wird seit Ende der 90er Jahre geforscht, wie Porenbetongranulat in den Hochbau zurückgeführt werden kann. Es wurden Verwertungsoptionen für Fein-, Mittel- und Grobgranulate entwickelt, die teilweise großtechnisch erprobt wurden. Für Porenbetonbrechsande mit einer bestimmten Korngröße gibt es Rezepturen, die den Einsatz in Leichtmörteln und Wandbausteinen ermöglichen. Die genannten Verwertungsoptionen sind zwar erprobt, in der Praxis finden sie jedoch kaum Anwendung. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019e)

Entsorgung

Wenn eine Verwertung als RC-Baustoff nicht umgesetzt werden kann, werden Altmaterialien aus Porenbeton nach Deponieverordnung (DepV) auf Deponien der Deponieklasse 1 abgelagert. (Deutscher Abbruchverband e.V., 2015)

3.3.3 Kalksandstein

Allgemeines

Kalksandsteine bestehen aus den Rohstoffen Kalk, natürlicher mineralischen Gesteinskörnungen und Wasser. Es werden keine Zusatzstoffe verwendet. Kalksandstein (KS) wird als Baustoff für Innen- und Außenwände im tragenden und nichttragenden Bereich eingesetzt. Die Mauersteine weisen hohe schalldämmende und wärmespeichernde Eigenschaften und eine hohe Tragfähigkeit auf. Sie werden häufig im Wohnungsbau eingesetzt. Außenwände aus Kalksandstein erfordern wegen ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit eine zusätzliche Wärmedämmung. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019c)

Recyclingsituation

Kalksandstein hat in der Abfallschlüsselverordnung (AVV) keine eigene zugeordnete Abfallschlüsselnummer und fällt somit unter die ASN 17 01 07 Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik. In der Praxis führt dies dazu, dass das Material aus Bau- und Abbruchmaßnahmen als Bestandteil des Bauschutts anfällt. Bauschutt als heterogenes Gemisch beschränkt die Qualität und Einsatzmöglichkeiten des Materials für ein hochwertiges Recycling. Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass ein erheblicher Anteil in einfachen Verfüllmaßnahmen verwertet oder auf Deponien abgelagert wird. Wird beim Rückbau ein hoher Grad der Selektivität umgesetzt, können Kalksandsteinabfälle zu qualifizierten RC-Baustoffen verarbeitet werden. Sortenreines Recyclingmaterial kann als Gesteinskörnung für die erneute KS-Produktion verwendet werden. Weitere Möglichkeiten sind der Einsatz im Deponiebau als Vegetationssubstrat sowie im Erd- und Tiefbau. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019c)

Recyclingperspektiven

Perspektivisch ist eine größere Nachfrage von Kalksandsteinabfällen für die Verwertung als RC-Gesteinskörnung im Beton zu erwarten. Die Produktion und der Absatz von RC-Gesteinskörnungen erweisen sich für Bauschuttrecyclinganlagen als immer interessanter. Weitere Verwertungswege bleiben die Verwertung im Straßenbau, Kalksandstein-Recyclingmaterial für Vegetationssubstrate und die Verwertung im Deponiebau. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019c)

Entsorgung

Können die Kalksandstein-Abfälle keinem der genannten Recyclingverfahren zugeführt werden, werden sie gemäß Deponieverordnung (DepV) auf Deponien der Klasse 0 entsorgt. (Deutscher Abbruchverband e.V., 2015)

3.3.4 Ziegel

Allgemeines

Ziegel bestehen aus gebranntem Ton und werden als Bauprodukte für Dach- und Mauerziegel eingesetzt. Dachziegel werden zur Eindeckung von Dächern verwendet. Mauerziegel dienen als Vor- und Hintermauerziegel für Wände und werden mit Mörtel zusammengefügt. Die Mauerziegel können je nach Ausführung im tragenden und nichttragenden Bereich eingesetzt werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019f)

Recyclingsituation

Dachziegel und sortenreiner Ziegelverschnitt kann nach Abfallschlüsselverordnung (AVV) der ASN 17 01 02 Ziegel zugeordnet werden. Mauerziegel, die Putz- und Mörtelreste oder andere Verunreinigungen aufweisen, sind über die ASN 17 01 07 Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik zu entsorgen. Sortenrein erfasste Ziegelabfälle eignen sich als Mischungskomponente für Vegetationssubstrate sowie als Schüttbaustoff für Dränschichten im Garten- und Landschaftsbau. Dadurch können primäre Naturstoffe eingespart werden. In der Regel werden Ziegelabfälle als Bestandteil des gemischten Bauschutts im Erd- und Tiefbau verwertet, z. B. für den Straßen- und Wegebau. Zermahlen können Ziegel auch als Tennissand oder auf Reitplätzen eingesetzt werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019f)

Recyclingperspektiven

Ziegel können als Bestandteil der rezyklierten Gesteinskörnung zu bestimmten Anteilen für die Betonherstellung genutzt werden. Der hohe Rohstoffbedarf der Betonindustrie bzw. das hohe Aufnahmepotential, insbesondere für Altziegel aus dem Abbruch, machen diesen Verwertungsweg zukünftig besonders relevant. Durch ambitionierte Aufbereitungstechniken können neben den Dachziegeln auch Mauerziegel aus dem Rückbau für die Substratherstellung verwendet werden. Ein weiterer Ansatz ist die Eignung von Brechsanden aus Ziegelbruch als Klinkersubstitut in der Zementindustrie, wie die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens zeigen. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019f)

Entsorgung

Mauerziegel, die mit organischem Dämmmaterial gefüllt sind, müssen der ASN 17 09 04 „Gemischte Bau- und Abbruchabfälle“ zugeordnet werden. Nach Deponieverordnung dürfen Abfälle, die einen organischen Anteil > 5 Gew.-% aufweisen nur nach einer Vorbehandlung deponiert werden. Können Ziegel keiner Verwertung zugeführt werden, ist

die Ablagerung aufgrund der inerten Eigenschaften auf Deponien der Deponieklasse 1 möglich. (Deutscher Abbruchverband e.V., 2015)

3.3.5 Gipsbaustoffe

Allgemeines

Gipsbaustoffe werden im Wohnungsbau nur für den Innenausbau genutzt. Mit dem Ausgangsmaterial Gips werden in einem thermischen Verfahren Platten hergestellt, die als Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten oder Gipswandbauplatten eingebaut werden. Gipsbaustoffe lassen sich gut verarbeiten und haben gute bautechnische Eigenschaften. Bauteile aus Gips haben einen hohen Feuerwiderstand und werden deshalb für den baulichen Brandschutz eingesetzt. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019b)

Recyclingsituation

Nach der AVV werden die gipshaltigen Abfälle unter der ASN 17 08 02 "Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 170801 fallen" geführt. Die genannten Gipsbaustoffe unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung. Die Qualität eines RC-Gipses hängt deshalb wesentlich von der Zusammensetzung und Eignung des Eingangsmaterials ab. Gipskartonplatten und Gipswandplatten sind mit einem Gipsgehalt von 80-90 Gew.-% sehr gut für die Herstellung von RC-Gips geeignet. Für die Aufbereitung gibt es etablierte Verfahren, die in der Praxis angewendet werden. Die Qualitätsanforderungen der Gipsindustrie sind sehr hoch, weshalb der Störstoffanteil (z. B. mineralische Bestandteile) im Input gering sein muss. Aber auch Gips stellt durch den Sulfatanteil einen Störstoff in der mineralischen Fraktion dar. Eine möglichst sortenreine Trennung wirkt sich somit auf beide Fraktionen positiv aus und sollte hinsichtlich der Recyclingfähigkeit angestrebt werden. Wenn die Fraktion als Gemisch vorliegt, kann sie einer sonstigen stofflichen Verwertung zugeführt werden, bspw. als Deponieersatzstoff oder Verfüllung. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019b)

Gipsfaserplatten erweisen sich recyclingtechnisch als problematisch, denn sie enthalten Papierfasern, die über den Aufbereitungsprozess nicht ausgeschleust werden können. Sie müssen deswegen bei der Aufbereitung getrennt von den Gipskarton- und Gipswandplatten gehalten werden. Gipsfaserplatten sind für eine sonstige stoffliche Verwertung ungeeignet und müssen durch Deponierung beseitigt werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019b)

Recyclingperspektiven

Obwohl die Herstellung von RC-Gips aus Gipskarton- und Gipswandplatten aufbereitungstechnisch sehr gut möglich ist, ist das Recycling noch nicht ausreichend etabliert. Teilweise werden Gipsrecyclinganlagen in Deutschland nicht mehr betrieben, weil es nicht genügend qualitativ hochwertiges Material gibt, das einem Recycling zugeführt werden kann. Die Gipsbaustoffe sind häufig stark verunreinigt, da ein selektiver Rückbau nicht in ausreichendem Maß durchgeführt wird. Zusätzlich ist die Verbringung ins Europäische Ausland, aber auch die Deponierung als Deponierersatzbaustoff oder Verfüllung in Deutschland aktuell noch deutlich günstiger. Technisch betrachtet ist ein Gipsrecycling problemlos möglich. Es gibt entsprechende Anlagen in Deutschland. Gips als Rohstoff ist prinzipiell unbegrenzt kreislauffähig. Das Recycling und die damit verbundene Rückführung in den Stoffkreislauf sollte daher angestrebt werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019b)

Entsorgung

Der überwiegende Anteil der Gipsabfälle in Deutschland wird aktuell auf Deponien entsorgt. Aufgrund der niedrigen Entsorgungskosten geschieht dies z. Zt. noch sehr häufig. Der Materialstrom erreicht deshalb nur teilweise die bereits vorhandenen Aufbereitungsanlagen. Schadstoffbelastete Gipsabfälle werden auf Deponien beseitigt. (Deutscher Abbruchverband e.V., 2015)

3.3.6 Mineralwolle

Allgemeines

Mineralwolle ist ein als Dämmstoff zum Wärme- und Schallschutz eingesetzter Baustoff, der aus mineralischen Rohstoffen hergestellt wird. Je nach Ausgangsstoff, wird zwischen Stein- und Glaswolle unterschieden. Mineralwolle besteht aus künstlichen Mineralfasern. Von faserförmigen Baustoffen können gesundheitliche Gefährdungen ausgehen, wobei zwischen „alter“ und „neuer“ Mineralwolle unterschieden werden muss. „Alte“ Mineralwolle, die vor 1995 hergestellt wurde, ist als besonders überwachungsbedürftig eingestuft worden, weil lungengängige Fasern freigesetzt werden können. Bei Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen hat das zur Folge, dass Sicherheitsmaßnahmen nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe einzuhalten sind. „Neue“ Mineralwolle, die nach dem 01.06.2000 hergestellt wurde, wurde entsprechend modifiziert. Tätigkeiten mit diesen Produkten erfordern neben den Mindestanforderungen bezüglich der Technischen Regeln für Gefahrstoffe keine zusätzlichen Maßnahmen. Für den Zeitraum zwischen 1995 und 2000, in dem die Umstellung auf neue Wolle vollzogen wurde, muss situationsbedingt entschieden werden. Ist nicht nachzuweisen, dass es sich um neue

Mineralwolle handelt, muss von alter Mineralwolle ausgegangen werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019d; Müller, 2018)

Recyclingsituation

Hinsichtlich der Recyclingmöglichkeiten muss zwischen „alter“ und der „neuer“ Mineralwolle unterschieden werden. Die „alte“ Mineralwolle hat den Abfallschlüssel 17 06 03* - anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe beinhaltet. „Neue“ Mineralwolle trägt den Abfallschlüssel 17 06 04 - Dämmmaterial, mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 03* fällt. Mineralwollen sind grundsätzlich gut rezyklierbar und können somit in den Herstellungsprozess zurückgeführt werden. Ein Recycling ist nur für ungefährliche Mineralwollabfälle möglich, wobei Stein- und Glaswolle aufgrund ihrer unterschiedlichen Zusammensetzung getrennt gesammelt werden müssen. Die Rückführung in den Herstellungsprozess ist bisher nur für Steinwollabfälle etablierte Praxis. Rücknahmesysteme großer Hersteller ermöglichen das Recyclingverfahren, in dem das Steinwollmehl in Formsteinen gebunden wird. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019d)

Recyclingperspektiven

Die gemeinsame Erfassung von Stein- und Glaswolle stellt eine Hürde für das Recycling dar. Um die Recyclingsituation zu verbessern, muss sichergestellt werden, dass die getrennte Sammlung gewährleistet werden kann. Nur so können die Abfälle einer stofflichen Verwertung zugeführt werden und eine Perspektive für das Recycling geschaffen werden. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2019d)

Entsorgung

Wenn Mineralwollabfälle keiner stofflichen Verwertung zugeführt werden, müssen sie deponiert werden. Die Deponieklasse ist abhängig von der Abfallschlüsselnummer. Gefährliche Abfälle wie die „alte“ Mineralwolle müssen unter auf einer Deponie der Deponieklasse 1 entsorgt werden. Der Großteil der anfallenden Mineralwollabfälle wird derzeit deponiert, weil eine sortenreine Trennung bei Rückbaumaßnahmen schwierig möglich ist. (Deutscher Abbruchverband e.V., 2015)

4 Praktische Erarbeitung

4.1 Vorgehen

Die Steckbriefe zeigen typische Baukonstruktionen. Die in der Literatur verfügbaren Daten wurden durch in der Praxis durchgeführte Erhebungen ergänzt.

Dazu wurde innerhalb des Forschungsprojektes ein Verfahren zur Probenahme von Bauteilen aus dem Bestand entwickelt. Die Probenahme soll ermöglichen, Kennwerte der Konstruktion aus der Praxis zu generieren, die mit den Konstruktionen der Steckbriefe verglichen werden können. Die vorliegenden Materialkennwerte (Rohdichte etc.) geben in der theoretischen Betrachtung eine sinnvolle Grundlage für eine Hochrechnung, jedoch unterliegt ein Bauwerk während seiner Nutzungsdauer vielen Veränderungen. Diese Veränderungen können z. B. eine Umnutzung, eine Sanierung (energetisch) oder ein (Teil-) Abbruch sein. Eine fehlende oder mangelhafte Dokumentation von Veränderungen der Bauteile lässt sich somit in einer Hochrechnung auf theoretischer Grundlage kaum abbilden. Nachdem das Verfahren in einer ersten Probenahme an baugleichen Baukonstruktionen verifiziert wurde, wurde es auf die im Baukonstruktionskatalog betrachteten Bauteile der Kostengruppe 300 angewandt.

Zielsetzung der Probenahme ist eine Abschätzung der Materialzusammensetzung von Bauteilen aus Bestandsgebäuden, die mit den betrachteten Bauteilen der Steckbriefe vergleichbar sind. Durch den Vergleich baugleicher Konstruktionen aus Theorie und Praxis, kann eine Masseberechnung erfolgen, aus der ein Korrekturfaktor abgeleitet wird. Mithilfe des Korrekturfaktors soll in der Auswertung gezeigt werden, inwiefern eine Abweichung der theoretischen und praktischen Werte vorhanden ist und wie diese sich auswirkt. Durch die Kenntnisse der Materialzusammensetzung eines Gebäudetyps sollen diese auf andere, ähnliche Gebäudetypen übertragen werden können. Die entwickelte Untersuchung von Bauteilen durch Probenahme wird im Folgenden vorgestellt.

4.2 Probenahme

Die Ausführung der Probenahme wurde mit einem am Projekt beteiligten Praxispartner durchgeführt, die die notwendigen Geräte und Personal zur Verfügung gestellt haben. Bei der Probenahme werden Probekörper aus Bauteilen durch Sägen oder Schneiden entnommen, die den Querschnitt des Bauteils freilegen und einen repräsentativen Teilausschnitt des Bauteils zeigen (s. Abbildung 3). Die Größe des Probekörpers liegt bei 0,50 x 0,50 m. Abweichungen können durch die Entnahme auftreten und werden dokumentiert. Die Probenahme ist je nach Bauteil unterschiedlich praktikabel, lässt sich aber auf alle Bauteile der o. g. Kostengruppen anwenden (vgl. Tabelle 2).



Abbildung 3: Verschiedene Probekörper von Innenwänden [Eigene]

Bei den entnommenen Proben handelt es sich um Probekörper aus Bestandsgebäuden, die entkernt oder komplett abgebrochen werden. Durch diese Voraussetzung konnten jegliche Bauteile beprobt werden, ohne dass eine Schädigung des Gebäudes erfolgt. Die Dokumentation wird direkt vor Ort mithilfe vorgefertigter Dokumentationsblätter ausgeführt. Die Angaben können im Nachhinein ergänzt werden, z. B. durch die Durchsicht der Bauakte (Pläne, etc.). Wichtige Angaben der Dokumentation sind:

- Allgemeine Gebäudebeschreibung
 - Gebäudeart und Gebäudetyp
 - Bauwerksnutzung
 - Stockwerke
 - Baujahr
 - Kernsaniert
 - Sonstige Sanierungsmaßnahmen
- Für die Probenahme
 - Bauteilbezeichnung nach KG 300 (z. B. Tragende Innenwand)
 - Bauteilart nach Hauptmaterial (z. B. Mauerwerkswand)
 - Aufbau (Darstellung der einzelnen Materialschichten)
 - Probenbezeichnung
 - Fläche der Probe (i. d. R. 0,50 x 0,50 m)
 - Gewicht der Probe
 - Fotodokumentation

Wichtiger Bestandteil der Probenahme ist neben einer sauberen Ausführung deren Dokumentation. Die Dokumentation und die Inhalte der Steckbriefe sind dabei aufeinander abgestimmt, um die wesentlichen Daten zu erfassen und diese vergleichen zu können.

Außerdem werden durch die Dokumentation Abweichungen im Bestand kenntlich gemacht. Die Auswertung erfolgt in Kapitel 4.3.

4.3 Auswertung

Im Zuge der Probenahme wurden 56 Proben der Kostengruppe 300 Bauwerk entnommen. Durch die unterschiedlich gute Zugänglichkeit der Bauteile ist die Anzahl der entnommenen Proben je Kostengruppe sehr unterschiedlich (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl entnommene Proben der Kostengruppe 300 [DIN 276]

300	Bauwerk	3. Ebene der Kostengruppe	Anzahl Proben
320	Gründung	322 Flachgründungen	0
330	Außenwände	331 Tragende Außenwände	4
340	Innenwände	341 Tragende Innenwände	0
		342 Nichttragende Innenwände	36
350	Decken	351 Deckenkonstruktionen	2
	Böden	Nur Fußbodenaufbau	11
360	Dächer	361 Dachkonstruktionen	3

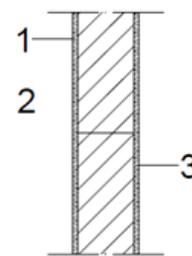
Die Auswertung wird nachfolgend anhand einer Baukonstruktion eines spezifischen Bauteils durchgeführt. Dazu wird der Vergleich eines Bauteils aus der Probenahme mit einer Baukonstruktion aus dem Steckbrief geführt, die aus der Bauteiltypologie abgeleitet wurde. Des Weiteren ist die Materialzusammensetzung wesentlicher Bestandteil der Auswertung. Die Materialzusammensetzung der vergleichbaren Baukonstruktionen sollte so ähnlich wie möglich sein. Außerdem sollten nicht zu viele verschiedene Materialien in der Konstruktion enthalten sein. Als spezifisches Bauteil wird deshalb die Kostengruppe *342 Nichttragende Innenwände* gewählt, weil sie durch die Anzahl der Proben eine repräsentative Gruppe darstellen und einen signifikanten Teil einer Gebäudekonstruktion abbilden. Zusätzlich sind sie i. d. R. nicht stark verändert vorzufinden, durch z. B. umfangreiche Sanierungsmaßnahmen, wie die Probenahme gezeigt hat. Häufig festgestellt wurden jedoch neue Anstriche bzw. Beläge wie z. B. Fliesen. Die nichttragenden Innenwände gliedern sich weiterhin in verschiedene Arten der Mauerwerkswände. Hier wurde der größte Teil der Proben aus dem Material Kalksandstein generiert. Diese Tendenz zeichnet sich ebenfalls in den Steckbriefen ab, in dem die Innenwand aus Kalksandstein seit den 1920er Jahren häufig anzutreffen ist.

Für die Auswertung wird in einem ersten Schritt der passende Aufbau einer Baukonstruktion aus den Steckbriefen gewählt. Die Innenwand aus Kalksandstein, beidseitig verputzt, wird nachfolgend in Materialzusammensetzung und Konstruktionsaufbau dargestellt. Die wichtigen Kennwerte der Konstruktion sind die Wandstärke sowie Rohdichte und Masse. In einem nächsten Schritt wird die Konstruktion einer vergleichbaren Konstruktion aus der Probenahme gegenübergestellt.

Baukonstruktion nichttragende Innenwand Steckbrief:

Konstruktionsaufbau und Material

Nr.	Material	Dicke [m]	Rohdichte [kg/m ³]	Masse [kg/m ²]
1	Gipsputz	0,01	900,00	9,00
2	Kalksandstein	0,115	2000,00	230,00
3	Gipsputz	0,01	900,00	9,00

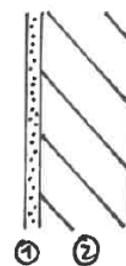


Die Baukonstruktion des Steckbriefs stellt eine repräsentative Innenwand dar, die in der Praxis als solche Konstruktion häufig gebaut wurde und wird. Das Steinformat ist mit 11,5 cm ein gängiges Steinformat für eine nichttragende Innenwand. Wesentlich für die Auswertung der Konstruktionen sind die Rohdichte und die aus ihr abgeleitete Masse. Die Rohdichte, die aus bautechnischen Zahlentafeln stammt, zeigt einen angenommenen Mittelwert. Sie hat entscheidenden Einfluss auf die Masseberechnung und somit auf die Ergebnisse des Vergleichs mit einer Konstruktion der Probenahme. Mit einer gewählten Rohdichte von 2000 kg/m³ wiegt 1 m² Wand 230 kg bei einer Dicke von 11,5 cm.

Baukonstruktion nichttragende Innenwand Probenahme:

Konstruktionsaufbau und Material

Nr.	Material	Dicke [m]	Rohdichte [kg/m ³]	Masse [kg/m ²]
1	Gipsputz	0,025	900,00	22,50
2	Kalksandstein	0,115	1700,00	197,00



Der Konstruktionsaufbau der Wandscheibe aus der Probenahme ist nahezu identisch mit der Konstruktion des Steckbriefs. In diesem Beispiel ist das Steinformat mit 11,5 cm identisch, lediglich die Putzschichten sind unterschiedlich, werden aber bei der Berechnung vernachlässigt. Bei gleichem Steinformat wiegt die entnommene Probe der Kalksandsteinwand bei einer Probengröße von 0,25 m² (0,50 x 0,50 m) ca. 50,00 kg.

Hochgerechnet auf 1 m² Wand ergibt das eine Masse von ca. 200,00 kg. Daraus wiederum leitet sich eine Rohdichte von ~ 1700,00 kg/m³ ab. Die Abweichung der Rohdichten ist in diesem Fall nicht erheblich. In einer Hochrechnung der Masseanteile würde es jedoch – je größer die Wandflächen – zu einer immer größer werdenden Abweichung der Mengen kommen.

Um diese Abweichungen darzustellen, wurden alle weiteren Proben der Innenwände aus Kalksandstein ausgewertet und die mittlere Rohdichte ermittelt (s. Tabelle 4). Hier zeigt sich, dass die Abweichung deutlich größer ist, als im direkten Vergleich der Baukonstruktionen der Fall war. Dieses Ergebnis lässt sich u. a. durch die verschiedenen Wandbeläge begründen. Die Probe so zu verwiegen, dass alle Schichten voneinander getrennt werden können, ist in der Praxis kaum umsetzbar. Dennoch zeigt die mittlere Rohdichte der ausgewerteten Proben, dass eine Hochrechnung deutlich andere Masseanteile bewirken würde. Die Hochrechnung wird in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 4: KG 342 Nichttragende Innenwände, mittlere Rohdichte Kalksandstein [Eigene]

342 Nichttragende Innenwände						
Mauerwerkswand (Kalksandsteine)						
Kennnummer	Gesamtdicke	Gewicht	Gewicht	Rohdichte	Masse	Rohdichte
	Bauteil	Probe	pro m ²	(Literatur)	(Literatur)	(neu)
	[m]	[kg/(1/4m ²)]	[kg/m ²]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kg/m ³]
20210606_Wand-15-Hamm	0,150	52,50	210,00	2000,00	300,00	1400,00
20210607_Wand-14-Hamm	0,115	49,19	196,76	2000,00	230,00	1710,96
20210929_Wand-25-Hamm	0,250	58,70	234,80	2000,00	500,00	939,20
20220222_Wand-14-MS	0,140	61,21	244,84	2000,00	280,00	1748,86
20220222_Wand-22-MS	0,220	84,24	336,96	2000,00	440,00	1531,64
20220222_Wand-27-MS	0,270	76,66	306,64	2000,00	540,00	1135,70
20200318_Wand-16-MS_1	0,160	43,40	173,60	2000,00	320,00	1085,00
20200318_Wand-16-MS_2	0,160	44,70	178,80	2000,00	320,00	1117,50
20200318_Wand-16-MS_3	0,160	42,84	171,36	2000,00	320,00	1071,00
mittlere Rohdichte						1304,43

Die Abweichung der mittleren angenommen Rohdichte mit 2000 kg/m³ ist signifikant zu der mittleren Rohdichte mit 1300 kg/m³ der Probenahme. Diese Abweichung führt wiederum zu einer unzureichenden Prognose der zu erwartenden Stoffströme. Tabelle 5 zeigt die Differenz der Masseanteile, die sich aus den unterschiedlichen Rohdichten ergibt. Für die Hochrechnung wurde eine Wandgröße von 10 m² (2,50 x 4,00 m) gewählt. Die Stückzahl der Wände bestimmt die Gesamtmasse, aus welcher sich abschließend die Differenz ableitet. Die Massen werden abhängig von der Stückzahl deutlich größer.

Tabelle 5: Hochrechnung der Materialströme bei unterschiedlicher Rohdichte [Eigene]

342 Nichttragende Innenwände							
Mauerwerkswand (Kalksandsteine)							
mittlere Rohdichte [kg/m ³]	Wand- breite [m]	Masse [kg/m ²]	Wand- größe [m ²]	Anzahl [Stck.]	Summe (Praxiswerte) [kg]	Summe (Literaturwerte) [kg]	Differenz Materialstrom [kg]
1300,00	0,115	149,50	10,00	3	4.485	6.900	2.415
1300,00	0,115	149,50	10,00	6	8.970	13.800	4.830
1300,00	0,115	149,50	10,00	9	13.455	20.700	7.245
1300,00	0,115	149,50	10,00	12	17.940	27.600	9.660
1300,00	0,115	149,50	10,00	15	22.425	34.500	12.075

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass verschiedene Kennwerte Einflüsse auf die Berechnung der materialspezifischen Eigenschaften der Baukonstruktion haben. Die als typisch dargestellten Bauteile der Steckbriefe bilden eine gute Grundlage, um eine Abschätzung über Konstruktionsaufbau und Materialien zu erheben. Eine Ermittlung der Materialströme ist ebenfalls möglich, jedoch muss dabei von teils großen Abweichungen ausgegangen werden. Die Probenahme hat gezeigt, dass innerhalb der KG 342 die Kalksandsteinwände teils stark abweichende Massen bei gleicher Probengröße aufweisen. Diese sind u. a. durch unterschiedliche Wandbeläge zu begründen, die als Resultat einer längeren Nutzungsdauer durch unterschiedliche Sanierungsarbeiten auftreten können. Für genauere Ergebnisse müssten die Materialschichten einzeln verwogen werden. Dieser Aufwand steht aber in keinem Verhältnis zu dessen Nutzen. Die mittlere Rohdichte der vergleichbaren Konstruktionen zu ermitteln ist in Anbetracht der Ergebnisse als ausreichend anzusehen.

Es ist anzustreben, weiterhin Daten aus der Praxis zu generieren, um einen Ansatz für die Verbesserung der Datenlage zu schaffen. Durch die Probenahme konnten die Baukonstruktionen der verschiedenen Kostengruppen in Aufbau und Materialien genau bestimmt werden. Die Möglichkeit, durch diese Kennwerte Materialströme aus der Praxis ableiten zu können, stellt einen guten Ansatz für die Optimierung eines Stoffstrommanagements dar.

Literaturverzeichnis

Bosold, D. Dr.-Ing. & Grünewald, A. Dipl.-Ing. (2016) *Was ist Beton?*

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hg.) *Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)* [Online]. Verfügbar unter https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Nutzungsdauer_Bauteile/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.pdf (Abgerufen am 9 Mai 2022).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2019a) *Beton: Factsheet* [Online]. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_beton_fi_barrierefrei.pdf.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2019b) *Gips: Factsheet* [Online], Dessau-Roßlau. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_gips_fi_barrierefrei.pdf.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2019c) *Kalksandstein: Factsheet* [Online], Dessau-Roßlau. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_kalksandstein_fi_barrierefrei.pdf (Abgerufen am 8 Oktober 2021).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2019d) *Mineralwolle: Factsheet* [Online], Dessau-Roßlau. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_mineralwolle_fi_barrierefrei.pdf.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2019e) *Porenbeton: Factsheet* [Online], Dessau-Roßlau. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_porenbeton_fi_barrierefrei.pdf (Abgerufen am 7 Oktober 2021).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2019f) *Ziegel: Factsheet* [Online], Dessau-Roßlau. Verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_ziegel_fi.pdf (Abgerufen am 7 Oktober 2021).

Deutscher Abbruchverband e.V. (2015) *Abbrucharbeiten: Grundlagen, Planung, Durchführung*, 3. Aufl., Köln, Rudolf Müller.

Kirchhof, S. & Gissel, J. (2009) *Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualterklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten* [Online], Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. Verfügbar unter <https://www.zub-systems.de/sites/default/files/downloads/Deutschlandkarte-2009-10.pdf> (Abgerufen am 5 September 2019).

Klaus, S. (2021) *Deutschlandkarte - Altbaumaterialien und- konstruktionen* [Online]. Verfügbar unter <http://www.altbaukonstruktionen.de/> (Abgerufen am 7 Oktober 2021).

Kompetenzzentrum der Initiative "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen" (Hg.) (2006) *Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten*, Berlin.

Müller, A. (2018) *Baustoffrecycling*, Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitstrahl Baualtersklasse [Eigene]	9
Abbildung 2: Beispiel - Konstruktionsaufbau und Material [Eigene].....	9
Abbildung 3: Verschiedene Probekörper von Innenwänden [Eigene].....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hauptkostengruppe 300 Bauwerk, Ebene 2 (Auszug) [DIN 276]	6
Tabelle 2: Hauptkostengruppe 300 Bauwerk, Ebene 3 (Auszug) [DIN 276]	6
Tabelle 3: Anzahl entnommene Proben der Kostengruppe 300 [DIN 276]	24
Tabelle 4: KG 342 Nichttragende Innenwände, mittlere Rohdichte Kalksandstein [Eigene]	26
Tabelle 5: Hochrechnung der Materialströme bei unterschiedlicher Rohdichte [Eigene]	27