TEXTE
05/2022

Abschlussbericht

Kartierung des anthropogenen Lagers IV: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings

Konzepte für Materialinventare und -kataster

von:

Georg Schiller, Ines Lehmann, Karin Gruhler, Jörg Hennersdorf
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Thomas Lützkendorf, Kai Mörmann
Karlsruher Institut für Technologie – KIT, Karlsruhe

Florian Knappe, Nadine Muchow, Joachim Reinhardt
Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 05/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für Umwelt,

Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 31 350 0
FB000594

Abschlussbericht

Kartierung des anthropogenen Lagers IV: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings

Konzepte für Materialinventare und -kataster

von

Georg Schiller, Ines Lehmann, Karin Gruhler, Jörg Hennersdorf
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Thomas Lützkendorf, Kai Mörmann
Karlsruher Institut für Technologie – KIT, Karlsruhe

Florian Knappe, Nadine Muchow, Joachim Reinhardt
Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Heidelberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
Allgemeine Mailadresse des UBA: buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Weberplatz 1
01217 Dresden

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu)
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

Abschlussdatum:
Januar 2021

Redaktion:
Fachgebiet III 2.2 Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie
Felix Müller

Publikationen als PDF:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Januar 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Kartierung des anthropogenen Lagers IV: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings

Den Großteil des anthropogenen Materiallagers bildet die gebaute Umwelt. Dies trifft insbesondere für nichtmetallische Mineralien zu. In Deutschland wächst dieses Materiallager weiter an und verändert sich dabei in der Zusammensetzung. Zukünftig werden die Mengen abgehender Baumaterialmengen deutlich zunehmen. Hieraus erwächst eine besondere Verantwortung im Baubereich, Materialien im Kreislauf zu führen, dadurch Rohstoffe zu schonen und zugleich einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Dies erfordert gemeinsame Anstrengungen aller, die diese Materialströme beeinflussen können - vom Investor und Bauherrn des einzelnen Gebäudes bis hin zu den Verantwortlichen der Abfallwirtschaft, der Abfall- und Baustoffindustrie sowie Akteuren mit Verantwortung für nachhaltigkeitsorientierte Querschnittsaufgaben. Fehlende Informationen behindern bislang die effektive Umsetzung des Konzeptes der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen.

Informationsgrundlagen sind umso wirksamer, je zielgenauer sie die tatsächlichen Informationsbedarfe von Akteuren bedienen. Ziel des Vorhabens ist es daher, Konzeptionen zu zwei Instrumenten zur Dokumentation von Materialflüssen und Materialbeständen zu entwickeln und zu erproben: (1) Materialinventare für Einzelbauwerke und (2) Materialkataster für Bauwerksbestände von Regionen. Hieraus wird ein dualer Ansatz entwickelt, der unterschiedliche Handlungsebenen adressiert. Aufbauend auf gemeinsamen Grundlagen werden die Konzepte für die Instrumente entworfen und mit Hilfe von Fallbeispielen konkretisiert.

Mit den Ergebnissen liegen differenzierte Konzepte zur Erstellung von Materialinventaren und Materialkatastern vor. Diese weisen jeweils spezifische Stärken auf, die dazu beitragen, den Kreislaufgedanken beim Planen und Bauen insgesamt zu unterstützen. Durch die Zusammenführung von beiden zu einem ganzheitlichen Konzept für ein Informationsmanagementsystem können weitere Potenziale gehoben werden. Materialinventare ergänzen die empirische Informationsbasis von Materialkatastern, wodurch sich deren Aussagekraft und Anwendbarkeit grundlegend erweitert. Die Anwendung regionaler Materialkataster zur Bewältigung gesamtgesellschaftlicher Aufgaben trägt zu einer stärkeren gesellschaftlichen Wahrnehmung der Bedeutung der Bauwerke als Nachfrager von Materialien sowie als Materiallager und dessen Unterstützung zur Rohstoffsicherung bei.

Für eine Einführung und verstärkte Nutzung von Materialkatastern sowie Materialinventaren herrschen derzeit günstige Voraussetzungen. Im Kontext von Themen wie Ressourceneffizienz und Circular Economy wächst bei Politik, Wirtschaft und Planung das Interesse an Angaben zu den in Bauwerken verbauten Materialien und den damit in Anspruch genommenen Primärrohstoffen ebenso wie an Informationen zu dem erwarteten stofflichen Output beim Ersatz von Bauteilen und dem Rückbau von Bauwerken. Mit den vorliegenden Konzepten wird ein Rahmen vorgelegt, dieses Interesse im Sinne einer Stärkung von Ressourcen- und Klimaschutz zu bedienen und weiter zu steigern.

Abstract: Mapping of the anthropogenic stock IV - Concepts for Material Inventories and Material Cadastres

The majority of the anthropogenic material stock is to be found in our built environment. This is especially true of non-metallic minerals. In Germany, this material stock is growing and changing in its composition. In the future, the volume of output (i.e. waste) building materials is expected to increase significantly. For this reason, the construction sector has a particular responsibility to boost recycling in order to conserve raw materials and simultaneously make a contribution to climate protection. This will require joint efforts by all those with an impact on material flows –

from the investor and owner of individual building to public agencies responsible for recycling, the waste and building materials industry as well as stakeholders with an interest in sustainability-oriented cross-sectoral tasks. Unfortunately, a lack of information has thus far hindered the effective realisation of the circular economy within the construction sector.

Information is most effective when it precisely serves the actual needs of actors. To this end, the project's aim was to develop and test concepts for two instruments to document material flows and material stocks: (1) material inventories for individual buildings; and (2) material cadastres for regional building stocks. Together, these two instruments constitute a dual approach to address different levels of action. The instruments were designed around and tested on case studies.

The project results offer differentiated concepts for developing material inventories and material cadastres. Each of these has specific strengths that can help to promote closed-loop material cycles in planning and construction. Further potentials can be unlocked by combining the two into an integrated information management system: On the one hand, material inventories can supplement the empirical information base of material cadastres, fundamentally expanding their significance and applicability. And on the other hand, the application of regional material cadastres can boost awareness of the importance of buildings as consumers of materials as well as material stocks to help safeguard raw materials.

Current conditions are favourable for the introduction and increased use of material inventories and material cadastres. Within the debate on resource efficiency and the circular economy, there is a growing desire among politicians, business people and planners to obtain information on the materials used in buildings as well as the natural resources they consume, along with data on the expected material outputs when replacing building components and dismantling buildings. The presented concepts provide a framework to satisfy and further increase this interest with the aim of boosting resource and climate protection.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ... 13
Tabellenverzeichnis ... 17
Abkürzungsverzeichnis ... 20
Zusammenfassung ... 21
Summary ... 30
1 Einführung ... 39
1.1 Kontext ... 39
1.2 Aktuelle Herausforderungen und Ziele in Bezug auf Ressourceneffizienz im Baubereich ... 41
1.2.1 Globale Herausforderungen Ziele ... 41
1.2.2 Nationale Ziele in Deutschland im Kontext von Ressourceneffizienz im Baubereich ... 44
1.3 Ziele und Forschungsfragen ... 47
1.4 Begriffe und Forschungskonzept ... 47
1.5 Entwicklung eines übergreifenden Lösungsansatzes ... 49
1.5.1 Handlungsebenen ... 49
1.5.2 Systematik von Akteuren, Anlässen und Instrumenten ... 50
1.6 Aufbau des Berichtes ... 51
2 Kategorien und Bezeichner für materialbezogene Größen und Bauwerke ... 54
2.1 Materialbezogene Kategorien und Bezeichner ... 54
2.1.1 Rohstoffe ... 55
2.1.2 Baumaterialien und Bauprodukte ... 56
2.1.3 Bauabfälle und Sekundärmaterialien ... 57
2.1.4 „Graue Emissionen“ ... 58
2.2 Bauwerksbezogene Kategorien, Bezeichner und Aspekte ... 58
2.2.1 Strukturierungsansätze für Gebäude ... 58
2.2.2 Systematik von Bau- und Bauwerksteilen ... 62
2.2.2.1 Anliegen und Ziele ... 62
2.2.2.2 Bestehende Ansätze zur Einteilung von Bauteilen ... 63
2.2.2.3 Vorschlag für eine Bauteilsystematik im Rahmen von KartAL IV ... 69
2.2.2.4 Kataloge von Bauteilen i.S. komplexer Bauprodukte ... 71
2.2.3 Beschreibbarkeit von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten ... 74
2.2.3.1 Kontext ... 74
2.2.3.2 Traditionelle Erfassung von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten ... 74
2.2.3.3 Neue Ansätze zur Beurteilung der Rückgewinnbarkeit und Recyclingfreundlichkeit ... 80

3 Materialinventare auf Bauwerksebene 81
3.1 Materialinventar – Begriff und Definition 81
3.2 Beispiele zu Gebäudepässen und Materialauszügen 84
3.2.1 Projekt BIMaterial - Prozess-Design für BIM-basierten Gebäudepass 84
3.2.2 Projekt SCI_BIM 84
3.2.3 Projekt Buildings as Material Banks 87
3.2.4 Buchveröffentlichung Materials Passports – Best Practice 87
3.2.5 Projekt Stoffpass Gebäude 87
3.2.6 Hausakte/Gebäudepass in Deutschland 91
3.2.7 Baufachliche Richtlinien zur Gebäudebestandsdokumentation 92
3.2.8 Hausakte gemäß Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau 94
3.2.9 Gebäudematerialinformationssystem als Gebäudepass in Österreich 94
3.2.10 Ressourcen-R der ARGE kdR 96
3.2.11 Dokumentationsvorgaben in anderen Branchen – das Beispiel DIN EN IEC 62474 96
3.2.12 Dokumentationsvorgaben in anderen Branchen – das Beispiel IMDS 97
3.2.13 Teilzusammenfassung zu analysierten Beispielen 97
3.3 Bestehende Anforderungen an den Inhalt von Materiainventaren 98
3.3.1 Grundanforderungen an Bauwerke als Teil der Bauproduktenverordnung der EU 98
3.3.2 Anforderungen im Rahmen von Level(s) EU 99
3.3.3 Konzepte der Europäischen Kommission für einen digitalen Gebäudepass 101
3.3.4 Anforderungen im Rahmen der EU Taxonomy 102
3.3.5 Abfallvermeidungsstrategie des Bundes 103
3.3.6 Luxemburger Strategien zur Ressourcengewinnung beim Gebäuderückbau 103
3.3.7 Europäische Planungshinweise zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft 104
3.3.8 Europäische Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten an Gebäuden 104
3.3.9 Europäische Vorgaben zur Erfassung von Bau- und Rückbauabfällen 105
3.3.10 Zusammenfassung zum Stand aktueller Anforderungen an Materialinventare 106
3.4 Informationsbedürfnisse relevanter Akteure der Bauwerksebene 107
3.4.1 Systematik der Informationsbedürfnisse von Akteuren auf Bauwerksebene 107
3.4.2 Akteurs- sowie Anlass-Akteur-Instrument-Konstellationen 110
3.4.3 Akteursgruppen und ihr Interesse an Materialinformationen 114
3.4.4 EXKURS: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) 117
3.4.5 EXKURS: Beschreibung der Inanspruchnahme primärer Rohstoffe 119
3.4.6 EXKURS: Erfassung des Kohlenstoffgehalts von Bauprodukten 122
3.4.7 Zwischenfazit zu Informationsbedürfnissen relevanter Akteure der Bauwerksebene .. 123

3.5 Bauwerksspezifische Materialinventare – Grundlagen und Vorschläge 124
3.5.1 Konzeptionelle Überlegungen 124
3.5.2 Materialinventar in der Basisversion als Dokumentationsinstrument 124
3.5.2.1 Beschreibung 124
3.5.2.2 Diskussion zum Vorschlag Materialinventar in der Basisversion 129
3.5.2.3 Rolle eines Materialinventars in der Basisversion 130
3.5.3 Materialinventar in der Element-Version als Dokumentationsinstrument 131
3.5.3.1 Beschreibung 131
3.5.3.2 Diskussion zum Vorschlag Materialinventar in der Element-Version 134
3.5.3.3 Rolle eines bauwerksspezifischen Materialinventars in der Element-Version 134
3.5.3.4 EXKURS zu Bewertungsmöglichkeiten 135
3.5.4 Materialinventar in einer dynamischen Version (VoDyMI) 135
3.5.4.1 Beschreibung 135
3.5.4.2 Diskussion zum Vorschlag eines dynamischen Materialinventars 136
3.5.4.3 Rolle eines dynamischen Materialinventars 137
3.5.5 Vergleich von Inhalten und Aussagekraft der Varianten für Materialinventare 138
3.5.6 Zusammenfassung zum Stand der Entwicklung von Vorschlägen 139
3.6 Erprobung von Vorschlägen für Materialinventare mit Praxispartnern 140
3.6.1 Vorstellung der Praxispartner 140
3.6.2 Zusammenarbeit mit Praxispartner BBSR 140
3.6.2.1 Kurzvorstellung des BBSR 140
3.6.2.2 Analyse und Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Bewertungssystems BNB 141
3.6.2.3 Weiterentwicklung der Datenbank ÖKOBAUDAT 142
3.6.2.4 Weiterentwicklung des Bewertungshilfsmittels eLCA 142
3.6.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse einer Praxiserprobung mit dem BBSR 144
3.6.3 Zusammenarbeit mit dem Fertighausunternehmen WeberHaus 145
3.6.3.1 Kurzvorstellung des Unternehmens und Einordnung in den Kontext des Projekts 145
3.6.3.2 Erprobung am Beispiel eines Außenwandelements 145
3.6.3.3 EXKURS zum Umgang mit Haustechnik 150
3.6.3.4 Zusammenfassung der Praxiserprobung mit WeberHaus 151
3.6.4 Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe 151
3.6.4.1 Kurzvorstellung RP Karlsruhe und Einordnung in den Kontext des Projekts 151
3.6.4.2 Ergebnisse der Analyse von Bauwerksbüchern und weiteren Informationsquellen 151
3.6.4.3 Zusammenfassung der Ausgangssituation im Regierungspräsidium 158
3.6.4.4 Erprobung durch Testanwendung für ein Brückenbauwerk 158

3.6.4.5 Zusammenfassung der Erprobung am Ingenieurbauwerk und Ausblick 160
3.7 Ergebnisse eines Austauschs mit weiteren Praxisvertretern 161
3.7.1 Architekturbüro in Karlsruhe 161
3.7.1.1 Bauwerksdokumentation nach Leistungsphase 8 der HOAI 162
3.7.1.2 Bauwerksdokumentation nach Leistungsphase 9 der HOAI 162
3.7.2 VDI Koordinierungskreis BIM 163
3.7.3 Ergebnisse von Arbeitsgesprächen mit Softwareanbietern 165
3.8 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zu Materialinventaren 166
4 Regionale Materialkataster für Bauwerksbestände 172
4.1 Informationsbedarfe relevanter Akteure und daraus resultierende Anforderungen an ein Materialkataster 173
4.1.1 Anforderungsprofil für ein Materialkataster 173
4.1.2 Spezifizierung der Informationsbedarfe im Dialog mit Praxisakteuren 174
4.1.2.1 Entsorgungswirtschaft 174
4.1.2.2 Genehmigungsrechtlich Verantwortliche 178
4.1.2.3 Gestalter der Ressourcenpolitik 179
4.1.2.4 Baustoffindustrie 180
4.1.2.5 Informationsbedarfe der Akteure im Überblick 181
4.2 Methoden für die Erstellung regionaler Materialkataster 183
4.2.1 Bottom-up-Materialflussanalyse 183
4.2.1.1 Materialkennziffern 183
4.2.1.2 Beschreibung des Bauwerksbestandes mit Sachdaten und Geodaten 186
4.2.2 Top-down Ansatz 189
4.2.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung von Bottom- up und Top-down Ansatz 190
4.2.4 Abbildung von Dynamik 192
4.2.4.1 Zugänge/Neubau ganzer Gebäude 192
4.2.4.2 Abgänge/Abriss ganzer Gebäude 193
4.2.4.3 Maßnahmen an bestehenden Gebäuden 196
4.3 Datenquellen zur Beschreibung des Gebäudebestandes 196
4.3.1 Sachdaten 196
4.3.2 Geodaten 197
4.3.2.1 Vektordaten 198
4.3.2.2 Rasterdaten 200
4.3.2.3 Sonstige Geo-Daten 200

4.3.3 Einschätzung zur Verfügbarkeit von Informationen zur Abbildung von Bauwerksbeständen mit Sach- und Geodaten 201
4.4 Daten und Kennzahlen in Bezug auf Material 206
4.4.1 Baumaterialinformationen aus der Gebäude- und Wohnungsstatistik 206
4.4.2 Informationen der Abfallstatistik zu Materialflüssen aus dem Bauwerksbestand 208
4.4.3 Daten und Kennzahlen zu Baumaterialien 209
4.4.3.1 Gliederungssystematik für Baumaterialien 210
4.4.3.2 Anschlussfähigkeit zu Rohstoffkategorien 216
4.4.3.3 Zuordnung zu Abfallkategorien 219
4.4.3.4 Materialinduzierte „Graue Emissionen“ 227
4.5 Konkretisierung und Erprobung von Materialkatastern in Fallbeispielen 230
4.5.1 Dialogorientiertes Konzept 230
4.5.2 Spezifizierte Anforderungsprofile für die Fallbeispielregionen 230
4.5.3 Machbarkeitsbetrachtungen mit frei verfügbaren Daten 231
4.5.3.1 Materialkataster auf Grundlage von Geodaten 232
4.5.3.2 Materialkataster auf Grundlage von Sachdaten 234
4.5.3.3 Vereinfachte Darstellung eines Materialkatasters 235
4.5.4 Themenbezogene Anwendungen von Materialkatastern in den Fallbeispielen 238
4.5.4.1 Stärkung von Recyclingkreisläufen 239
4.5.4.2 Planung von Rohstoffbedarfen 242
4.5.4.3 Materialinduzierte Emissionen als Beitrag zur Klimaschutzdiskussion 245
4.6 Spezifische Handlungsempfehlungen zum Aufbau eines Materialkatasters 251
5 Zusammenführung Regionaler Materialkataster und Materialinventare für Einzelbauwerke zu einem übergreifenden Gesamtkonzept 256
5.1 Spezifische Stärken der Einzelinstrumente 256
5.2 Synergetische Potenziale aus der Integration von Materialkataster und Materialinventar 258
6 Quellenverzeichnis 261
A. Anhang zu Kapitel 2 280
A.1 Anhänge zur Bauteilsystematik 280
B. Anhang zu Kapitel 3 287
B.1 Beispiele für Anforderungen an Bauwerksdokumentationen im Europäischen Ausland 287
B.1.1 Frankreich 287
B.1.2 Schweden 290
B.1.3 Finnland 292

B.1.4 Belgien 293
B.1.5 Spanien 295
B.1.6 Luxemburg 295
B.1.7 Österreich 297
B.1.8 Niederlande 297
B.2 Ausgewählte Beispiele zum Thema Ressourceneffizienz bei Einzelbauwerken 300
B.2.1 VDI Kurzbericht 300
B.2.2 Einfach Bauen 2 301
B.2.3 Stoffstromorientierte Sekundärrohstoffwirtschaft 302
B.2.4 Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Klimaneutralität 302
B.2.5 Zusammenfassung 302
B.3 Entwürfe von Materialinventaren 303
B.3.1 Materialinventar von Ingenieurbauwerken 303
B.3.2 Ausgefülltes Materialinventar für ein Ingenieurbauwerk 305
B.4 Steckbriefe 308
B.4.1 Akteurssteckbriefe 309
B.4.2 Anlasssteckbriefe 341
B.4.3 Instrumentensteckbriefe 361
C Anhang zu Kapitel 4 436

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Materialflüsse im deutschen Gebäudebestand 2010 und 2050 39
Abbildung 2 Entwicklung des weltweiten Materialverbrauchs (a) und des Materialkonsums pro Kopf (b)....42
Abbildung 3 Wahrgenommene Bedrohungen durch Umweltrisiken 43
Abbildung 4 Ressourcenkategorien in ProgRess 46
Abbildung 5 Duales Forschungskonzept (Strukturierung entlang zweier Bearbeitungsstränge mit jeweiligen Arbeitspaketen und definierten Schnittstellen) 49
Abbildung 6 Lebenszyklusorientierung für Bauwerke und Betrachtung zu Zeitpunkten für Bestände (Prinzipienzeichnung) 50
Abbildung 7 Informationsflüsse in der Anlass-Akteur-Instrument-Konstellation 51
Abbildung 8 Konzept für die Anwendung und Anpassung von Materialkategorien für Materialkataster für Bauwerksbestände und Materialinventare für Bauwerke....54
Abbildung 9 Auszug aus Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen....72
Abbildung 10 Begriffshierarchie vom Rohstoff zum Abfall und Nachnutzungsoptionen....75
Abbildung 11 Entscheidungsprozess bei der Erstellung des Bestandsverzeichnisses und der Formulierung der Bewirtschaftungsempfehlungen. 77
Abbildung 12 Materieller Gebäudepass Seite 1 86
Abbildung 13 Auswertung der Stoffmassen in einer treemap 88
Abbildung 14 Erstellung eines Ressourcendiagramms zur Kommunikation der Stoffdiversität ...88
Abbildung 15 Darstellung der wesentlichen stofflichen Kennzahlen der vier Entwurfsalternativen zur Fallstudie 1....89
Abbildung 16 Verknüpfung von Stofftypen mit Baumassen 89
Abbildung 17 Auflistung von Bauprodukten je Bauteil im Projekt Stoffpass Gebäude....90
Abbildung 18 Massenbilanz der Holzbau-Außenwand....90
Abbildung 19 Aufbau der Hausakte....92
Abbildung 20 Beschreibungsmerkmale der baulichen Ausstattungen....93
Abbildung 21 Auszug aus einem Gebäudematerial-Datenblatt 95
Abbildung 22 Logo des Ressourcen-R....96
Abbildung 23 Empfohlenes Format der Bill of Materials (BoM) im Level(s)-Berichtsrahmen der EU 100
Abbildung 24 Beispieldarstellung der Bill of Quantities (BoQ) im Level(s)-Berichtsrahmen der EU 100
Abbildung 25 Auswahl von Datenfeldern im Konzept der EU-Kommission 102
Abbildung 26 Vorlage für Rückbauaudits nach der Leitlinie der EU-Kommission....105
Abbildung 27 Anlass-Akteure-Instrumente-Konstellation auf Bauwerksebene – Beispiel 111
Abbildung 28 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Baukies....121
Abbildung 29 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Zement....121
Abbildung 30 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Nadel-Rundholz ohne Rinde 121
Abbildung 31 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Stahl 121
Abbildung 32 C-Faktoren$_{Holz}$ für Warennummern in Position 4410 123
Abbildung 33 Materialinventar in der Element-Version....133

Abbildung 34 Konzeptionelle Überlegungen für ein Vollständiges Dynamisches Materialinventar 136
Abbildung 35 Kategorien der Rohstoffinanspruchnahme in Szenarien des UBA 137
Abbildung 36 Beispiel für eine Darstellung des Materialinventars als treemap 139
Abbildung 37 Konstruktionszeichnung eines Wandelements 146
Abbildung 38 Materialauszug für ein fiktives Wandelement 146
Abbildung 39 Abfolge und Verbindung von Schichten eines fiktiven Wandelements 148
Abbildung 40 Entwurf eines Materialinventars nach Elementmethode 149
Abbildung 41 Beschreibung der Schichtengrenzen 150
Abbildung 42 Betrachtetes Bauteil einer Brücke und Ausschreibungstext zu dessen Errichtung 154
Abbildung 43 Auszug aus dem Betoniertagebuch für das Widerlager 155
Abbildung 44 Beispiel für Betonprüfbericht - Auszug 156
Abbildung 45 Mengenberechnung - Auszug 157
Abbildung 46 Dokumentation der Schichten und Schichtgrenzen von Bauteil 3 159
Abbildung 47 Zuordnung BIM-Anwendung je HOAI-Leistungsphase 164
Abbildung 48 BIM Dimensionen, Höflich & Maier Consult GmbH 2020 165
Abbildung 49 Erfassung und Auswertung verbauter Materialien in der LEGEP Software 166
Abbildung 50 Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Inanspruchnahme von Ressourcen 168
Abbildung 51 Kriterien zur Beschreibung von Bauwerksarten 184
Abbildung 52 Verteilung der Baustoffe bei den analysierten Landwirtschaftsbauten in der nichttragenden Konstruktion 185
Abbildung 53 Baumaterial in tragender und nichttragender Konstruktion – ausgewählte Gebäudetypen im Vergleich 208
Abbildung 54 Konzept der Entwicklung einer Systematik von Baumaterialkategorien für Materialkataster 210
Abbildung 55 Gliederungssystematik der Baumaterialien 211
Abbildung 56 Hauptinhaltsstoffe unterschiedlicher Baumaterialien – Auswahl der Gruppen Beton und Ziegel 217
Abbildung 57 Rohstoffkategorien des Materialkatasters – mineralische Baumaterialien 218
Abbildung 58 Zuordnung der Baumaterialien zu Abfallkategorien – Auswahl: mineralische Baumaterialien 226
Abbildung 59 Nichterneuerbarer kumulierter Energiebedarf nach Gebäudeenergiestandards für übliche Varianten Neubau Mehrfamilienhäuser 227
Abbildung 60 CO_2-Äquivalentswerte unterschiedlicher Baumaterialien im Vergleich – Auswahl 229
Abbildung 61 LOD1-Daten-Vergleich – Basis Gebäudeanzahl und Gebäudevolumen 234
Abbildung 62 Kartierung von Gebäudetypen (Wohnen und Nichtwohnen) in Hamburg 235
Abbildung 63 Kleinräumiges Materiallager Wohnen und Nichtwohnen in Hamburg 236
Abbildung 64 Materiallager in den Gemeinden des Landkreises Meißen – Wohngebäude MFH 236
Abbildung 65 Materialzuwachs in den Stadtteilen Hamburgs durch Baufertigstellungen von Wohngebäuden 2017 237
Abbildung 66 Materiallager Nichtwohnen auf Stadtteilebene in Hamburg 237

Abbildung 67 Recyclingprozesskette Standardbeton 240
Abbildung 68 Verwertungspotenziale; bezogen auf den RC-Beton-Kreislauf in Hamburg 241
Abbildung 69 Baumaterial- versus Rohstoffbedarfe für den Gebäudeneubau 2020 bis 2035 ...242
Abbildung 70 Rohstoffbedarf für Wohngebäude 2020 bis 2035 243
Abbildung 71 Rohstoffbedarf für Nichtwohngebäude 2020 bis 2035 243
Abbildung 72 Sand- und Kiesbedarf (2020 - 2035) für den Gebäudeneubau im Vergleich mit den genehmigten Abbaumengen 244
Abbildung 73 Rohstoffbedarf für den Gebäudeneubau bei 100 %-igem Betonrecycling 245
Abbildung 74 Sand- und Kiesbedarf für den Gebäudeneubau mit und ohne Beton-Recycling (2020 - 2035) sowie genehmigte Abbaumengen 245
Abbildung 75 Materialinduzierte Emissionen für Gebäudetypen unterschieden nach Nutzungsart und Bauweise (traditionell und CO2-arm) 247
Abbildung 76 CO2-Reduktionspotential im Neubau von Wohngebäuden in der Stadt Hamburg 2020 bis 2050 250
Abbildung 77 CO2-Reduktionspotential im Neubau von Wohngebäuden in der Stadt Hamburg 2020 bis 2050 – Kombination der Maßnahmen 251
Abbildung 78 Vorlage Materialinventar 291
Abbildung 79 Abfallbehandlungsplan der Stadt Lohja 293
Abbildung 80 Leitfaden für die Erstellung eines Abbruchinventars 294
Abbildung 81 Fiktives Beispiel für Materialinventar des Luxemburger Umweltministeriums 296
Abbildung 82 Schematische Darstellung in Madaster 298
Abbildung 83 Darstellung der Tragkonstruktion eines fiktiven Gebäudes in Madaster 299
Abbildung 84 Deckblatt des Materialinventars 303
Abbildung 85 Vorlage zur Dokumentation der Schichten eines Bauelements 304
Abbildung 86 Vorlage zur Dokumentation der Verbindung von Schichten 304
Abbildung 87 Ausfüllbeispiel der Dokumentation der Schichten eines Bauelements 304
Abbildung 88 Ausfüllbeispiel der Dokumentation der Verbindung von Schichten 305
Abbildung 89 Ausgefülltes Deckblatt 305
Abbildung 90 Ausgefüllte Vorlage für Schichtenaufbau von Bauteil 01 306
Abbildung 91 Ausgefüllte Vorlage für Schichtenaufbau von Bauteil 02 306
Abbildung 92 Ausgefüllte Vorlage der Verbindung von Schichten für Bauteil 02 306
Abbildung 93 Ausgefüllte Vorlage für Schichtenaufbau von Bauteil 03 307
Abbildung 94 Ausgefüllte Vorlage der Verbindung von Schichten für Bauteil 03 307
Abbildung 95 Ausprägungsskala in der VÖB-Immobilienanalyse und Analysebeispiel 363
Abbildung 96 VÖB-Immobilien-Analyse: Ausprägungen zum Bewertungskriterium - ökologisches Gebäudekonzept 364
Abbildung 97 VÖB-Immobilien-Analyse: Ausprägungen zum Bewertungskriterium - Gebäudekontamination 365
Abbildung 98 BNB-Dokumentation eines Unterrichtsgebäudes 370
Abbildung 99 Screenshot aus dem Exceltool zur Unterstützung der Bewertung nach 4.1.4 372
Abbildung 100 Bauantrag (Beispiel Stadt Karlsruhe) 377
Abbildung 101 Baubeschreibung (Beispiel Stadt Karlsruhe) 380
Abbildung 102 Beispiel: Deckblatt der Dokumentation der BNB-Nachhaltigkeitsbewertung 385
Abbildung 103 Beispiel: Auszug aus Anhang 386

Abbildung 104 Beispiel: Dokumentation für Kriterium 1.1.1 (Auszug) 387
Abbildung 105 Beispiel: Dokumentation für Kriterium 4.1.4 (Anm.: vor Neufassung) 388
Abbildung 106 Zertifizierung, Ratings 391
Abbildung 107 Due-Diligence-Reports/Risikobewertung 394
Abbildung 108 Due-Diligence-Reports/Risikobewertung: Ausprägungen zum Bewertungskriterium - Gebäudekontamination 395
Abbildung 109 Hausakte/Gebäudepass 398
Abbildung 110 Screenshot LEGEP-Software 401
Abbildung 111 Screenshot eLCA 404
Abbildung 112 Beispiel: Auszug aus Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände e.V. (2000): Musterbaubeschreibung 407
Abbildung 113 Funktion der Akteure von Abfallaudits im Abfallbewirtschaftungsprozess 414
Abbildung 114 Allgemeines System von Abfallaudits 414
Abbildung 115 Umweltzeichen Hafencity Hamburg 417
Abbildung 116 Umweltzeichen in Platin 417
Abbildung 117 Umweltzeichen in Gold 417
Abbildung 118 Beispiel Statistischer Erhebungsbogen: Baden-Württemberg 420
Abbildung 119 Screenshot aus der überarbeiteten SIB-BW 426
Abbildung 120 Beispiel: Seiten aus Bauwerksbuch, erstellt mit SIB-BAUWERKE (vor Neufassung) 427
Abbildung 121 Beispiel: Deckblatt eines Bauwerksbuchs von 1957 432
Abbildung 122 Beispiel: Auszug aus einem Brückenbuch von 1961 433
Abbildung 123 Beispiel: Auszüge aus einem Brückenbuch von 1972 434
Abbildung 124 Hauptinhaltsstoffe unterschiedlicher Baumaterialien – mineralische Baumaterialien 436
Abbildung 125 AVV-Schlüssel und Erweiterungsvorschläge 439
Abbildung 126 Zuordnung der Baumaterialien zu Abfallkategorien – Gesamtliste 441

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Vorgeschlagene Gebäudegliederungssystematik der Wohn- und Nichtwohngebäude zur Erstellung von Materialkatastern für Bauwerksbestände und Materialinventaren für Bauwerke 61
Tabelle 2 Bauteile nach Gruhler et al. (2002) 64
Tabelle 3 Kostengruppen der DIN 276, erste Gliederungsebene 64
Tabelle 4 Ausgewählten Kostengruppen der DIN 276, zweite Gliederungsebene 65
Tabelle 5 Kostengruppen der DIN 276, dritte Gliederungsebene (Beispiel 330 Außenwände) 66
Tabelle 6 Bauteilnummern für Außenwände nach Seemann (2003)....66
Tabelle 7 Bauteil- und Materialcodes für Außenwände nach der BNB-Nutzungsdauertabelle (2017)....67
Tabelle 8 Systematik von Anlagen nach VDI-Richtlinie 2067, erste Gliederungsebene 68
Tabelle 9 Systematik von Anlagenkomponenten nach VDI-Richtlinie 2067, zweite Ebene ...68
Tabelle 10 Systematik von Anlagenkomponenten nach VDI-Richtlinie 2067, dritte Ebene 68
Tabelle 11 Systematik von Anlagenkomponenten nach VDI-Richtlinie 2067, vierte Ebene....68
Tabelle 12 Vorschlag einer Bauteil-Systematik für Materialkataster 69
Tabelle 13 Beispiel für ein System zur Einteilung von Fenstern in der KG 334....70
Tabelle 14 Wandaufbau eines Elements mit Zuordnung der Schichten zu den KG der DIN 276....70
Tabelle 15 Ausgewählte Kategorien und Unterkategorien von Bauteilbörsen 73
Tabelle 16 Kategorien und Unterkategorien von Bauteilen 73
Tabelle 17 Arten von Verbindungen und deren Trenn- bzw. Lösbarkeit....76
Tabelle 18 Überblick Fügetechniken....78
Tabelle 19 Systematik zur Charakterisierung von Schichtgrenzen 79
Tabelle 20 Nachgefragte Informationen zur materiellen Zusammensetzung von Bauwerken 108
Tabelle 21 Übersicht zum Informationsbedarf ausgewählter Akteursgruppen 116
Tabelle 22 BNB Kategorien und Kriterien 118
Tabelle 23 Einordnung der Informationen und Dokumentation für die BNB-Kriterien....119
Tabelle 24 Auswahl der in der ÖKOBAUDAT verwalteten Informationen....122
Tabelle 25 Aufbau und Inhalt eines Materialinventars in der Basisversion....126
Tabelle 26 Beispiel für eine Einteilung des Materials von Fensterrahmen in der KG 334....128
Tabelle 27 Informationsgehalt des Materialinventars in der Basisversion....130
Tabelle 28 Vergleich der Informationsgehalte von Inventararten und Darstellungsformen .138
Tabelle 29 Übersicht zu durch Praxispartner abgedeckte Themenbereiche....140
Tabelle 30 Beispiel für Zuordnung von Materialmengen zu Bauteilen und Abfallschlüsseln.143
Tabelle 31 Darstellung von Stoffströmen in eLCA 144
Tabelle 32 Angaben zu Materialien/Vorprodukten eines Fensters in einer EPD....147
Tabelle 33 Verfügbarkeit bestimmter Informationen in verschiedenen Quellen 158
Tabelle 34 Bewertungsmatrix Informationsbedarfe....182
Tabelle 35 Ansätze zur Berechnung von Materialbeständen und Materialflüssen regionaler Bauwerksbestände....191

Tabelle 36 Durchschnittliche Nutzungsdauern nach Beleihungswertermittlungsverordnung und Sachwertrichtlinie 195
Tabelle 37 Kostenfrei verfügbare Sachdatenprodukte 202
Tabelle 38 Geodaten – Übersicht über potenziell nutzbare Produkte 203
Tabelle 39 Bewertungsmatrix „Verfügbarkeit“ 206
Tabelle 40 Anteil der erklärbaren Materialien der tragenden Konstruktion am Beispiel ausgewählter Gebäudetypen 207
Tabelle 41 Beschreibung der Baumaterialkategorien des Materialkatasters 212
Tabelle 42 Differenzierungsmöglichkeiten von Rohstoffen 217
Tabelle 43 Abfallschlüssel für Materialkategorien – Überarbeitungs- und Ergänzungsvorschläge 219
Tabelle 44 AVV-Abfallschlüssel und mögliche Probleme bei der Verwertung 221
Tabelle 45 Gegenüberstellung traditionelle und emissionsarme Bauweise (Beispiele) 247
Tabelle 46 Annahmen zu Anteilen der CO_2-armen Bauweise im Wohnungsneubau 248
Tabelle 47 Zusammenfassung der Annahmen für die Berechnungsszenarien 249
Tabelle 48 Bauteil- und Materialcodes für Außenwände nach der BNB-Nutzungsdauertabelle (2017) 280
Tabelle 49 Systematik von Anlagenkomponenten nach der VDI-Richtlinie 2067 282
Tabelle 50 Vorlage für das Materialinventar (Frankreich) 288
Tabelle 51 Akteurssteckbrief Bauherr 309
Tabelle 52 Akteurssteckbrief Architekt 311
Tabelle 53 Akteurssteckbrief Untere Baubehörde 313
Tabelle 54 Akteurssteckbrief Verwalter/Facilitymanager 315
Tabelle 55 Akteurssteckbrief Eigentümer 317
Tabelle 56 Akteurssteckbrief Banken/Investoren 319
Tabelle 57 Akteurssteckbrief Ökobilanzierer/Nachhaltigkeitsbewerter 321
Tabelle 58 Akteurssteckbrief Projektentwickler 323
Tabelle 59 Akteurssteckbrief Bauunternehmen/Handwerksbetriebe 325
Tabelle 60 Akteurssteckbrief (Bau-)Produkthersteller 327
Tabelle 61 Akteurssteckbrief Fertighaushersteller 329
Tabelle 62 Akteurssteckbrief Portfoliomanager 331
Tabelle 63 Akteurssteckbrief Wertermittler 333
Tabelle 64 Akteurssteckbrief Fördereinrichtung 335
Tabelle 65 Akteurssteckbrief Versicherer 337
Tabelle 66 Akteurssteckbrief Due-Diligence-Spezialist 339
Tabelle 67 Anlasssteckbrief Risikoanalyse bei Kreditantrag 341
Tabelle 68 Anlasssteckbrief Finanzierung/Beleihung 343
Tabelle 69 Anlasssteckbrief Neubau-/Umbau-/Modernisierungsplanung 345
Tabelle 70 Anlasssteckbrief Neubau/Umbau/Abriss 347
Tabelle 71 Anlasssteckbrief Zertifizierung/NHK-Bewertung von Gebäuden 349
Tabelle 72 Anlasssteckbrief Ankauf/Verkauf/Transaktion 351
Tabelle 73 Anlasssteckbrief Bewirtschaftung/Verwaltung 353
Tabelle 74 Anlasssteckbrief Bauantragstellung 355
Tabelle 75 Anlasssteckbrief Förderantragstellung 357

Tabelle 76 Anlasssteckbrief Rückbauplanung 359
Tabelle 77 Instrumentensteckbrief VÖB-Immobilien-Analyse 361
Tabelle 78 Instrumentensteckbrief CO_2-Bonus 366
Tabelle 79 Instrumentensteckbrief BNB-Nachhaltigkeitsbewertungssystem 368
Tabelle 80 Instrumentensteckbrief Building Information Modeling (BIM) 373
Tabelle 81 Instrumentensteckbrief Bauantrag, Baubeschreibung, Bauvoranfrage 375
Tabelle 82 Instrumentensteckbrief BNB-Dokumentation 383
Tabelle 83 Instrumentensteckbrief Zertifizierungen, Ratings 389
Tabelle 84 Instrumentensteckbrief Due-Diligence-Reports/Risikobewertung 392
Tabelle 85 Instrumentensteckbrief Hausakte/Gebäudepass 396
Tabelle 86 Instrumentensteckbrief LEGEP 399
Tabelle 87 Instrumentensteckbrief eLCA 402
Tabelle 88 Instrumentensteckbrief (Muster-)Baubeschreibung 405
Tabelle 89 Instrumentensteckbrief Makler-Exposé 408
Tabelle 90 Instrumentensteckbrief Entsorgungsnachweis 410
Tabelle 91 Instrumentensteckbrief EU-Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten – vorgeschaltete Abfallaudits 412
Tabelle 92 Instrumentensteckbrief Umweltzeichen Hafencity Hamburg 415
Tabelle 93 Instrumentensteckbrief Statistischer Erhebungsbogen 418
Tabelle 94 Instrumentensteckbrief SIB-BAUWERKE-Software 424
Tabelle 95 Instrumentensteckbrief Bauwerksbücher 430

Abkürzungsverzeichnis

ADP	Abiotic Depletion Potential (Abiotischer Ressourcenverbrauch)
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BUE	Behörde für Umwelt und Energie (Hamburg)
BZK	Bauwerkszuordnungskatalog
C&D	Construction and demolition (Bau und Abbruch)
DK	Deponieklasse
EFH	Einfamilienhaus
EZFH	Ein- und Zweifamilienhäuser
ewMFA	Economy-wide material flow accounts (gesamtwirtschaftliche Materialflussrechnungen)
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KartAL	Kartierung des anthropogenen Lagers
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LCA	Life cycle assessment (Lebenszyklusanalyse/Ökobilanz)
LCI	Life cycle inventory (Sachbilanz)
LCIA	Life cycle impact assessment (Wirkungsabschätzung/ Lebenszyklus-Auswirkungsanalyse)
MBO	Musterbauordnung
MFA	Materialflussanalyse
MFH	Mehrfamilienhaus
MI	Materialinventar
MIPS	Materialinput pro Serviceeinheit
MK	Materialkataster
MKZ	Materialkennziffer
NWG	Nichtwohngebäude
RC	Recycling
RMI	Raw Material Input (Rohstoffverbrauch)
SDG	Sustainable Development Goals (Ziele für nachhaltige Entwicklung)
WG	Wohngebäude
ZAOE	Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal
ZFH	Zweifamilienhaus

Zusammenfassung

Das vom Umweltbundesamt geförderte Projekt, dessen Ergebnisse hier zusammenfassend vorgestellt werden, ordnet sich als Teil IV in eine Serie von Forschungsvorhabens zur Kartierung des anthropogenen Lagers ein. Es wurde im Zeitraum 2018 bis 2021 bearbeitet.

Herausforderungen und Ziele

Der Großteil des anthropogenen Materiallagers bildet die gebaute Umwelt. Dies trifft insbesondere für nichtmetallische Mineralien zu. In Deutschland wächst dieses Materiallager derzeit weiter an und verändert sich dabei in der Zusammensetzung. Zukünftig werden auf Basis heutiger Prognosen die Mengen abgehender Baumaterialmengen infolge einer zunehmenden Rückbautätigkeit deutlich zunehmen und damit zu einer Trendwende führen. Auf Seiten der Entsorgung kann es dann aufgrund von beschränkten Deponiekapazitäten und steigenden Umweltanforderungen an die Verwertung von Bauabfällen zu Problemen kommen. Die Ressourcenverknappung bleibt auch bei einem perspektivischen Rückgang der Neubautätigkeit dennoch ein Megatrend. Es gilt deshalb, natürliche Ressourcen durch Schließen bzw. Verlangsamen von Materialkreisläufen zu schonen. Dies muss – im Hinblick auf den Megatrend des Klimawandels und die Ziele des Klimaschutzes - im Einklang damit stehen, materialinduzierte graue Emissionen zu reduzieren. Sowohl weltweit als auch national gibt es zahlreiche Bestrebungen, Ressourcenschonung und Klimaschutz voranzubringen, Beispiele hierfür sind u. a. die Sustainable Development Goals der UN, der Circular Economy Action Plan der EU, das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm sowie die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie.

Wichtig für eine Umsetzung dieser Programme und Ziele ist es, diese für Praxisakteure zu operationalisieren. Ein kritischer Punkt hierbei sind fehlende Informationsgrundlagen, auf Basis derer Praxisakteure konsequenter rohstoffschonend und zirkulär ausgerichtet handeln können.

Ausgangsthese dieses Vorhabens ist, dass diese Informationsgrundlagen umso wirksamer sind, je zielgenauer sie die tatsächlichen Informationsbedarfe von Akteuren bedienen, welche durch ihre Entscheidungen Materialströme und die Materialverwendung in Bauwerken beeinflussen. Ziel des Vorhabens ist es daher, zwei Instrumente zur Dokumentation von Materialflüssen und Materialbeständen entlang eines integrierten Ansatzes zu entwickeln und zu erproben: (1) Materialinventare für Einzelbauwerke und (2) Materialkataster für Bauwerksbestände von Regionen. Dies soll dazu beitragen, Informationslücken zu schließen und Entscheidungen hin zu einer rohstoffschonenden und kreislauforientierten Bewirtschaftung von Gebäuden und Bauwerksbeständen zu unterstützen.

Übergreifender Lösungsansatz und Grundlagen

Mit dem dualen Ansatz der Materialinventare für Bauwerke und Materialkataster für Gebäudebestände werden unterschiedliche Handlungsebenen adressiert. Materialinventare für Bauwerke beziehen sich auf Maßnahmen zur Errichtung, Erhaltung oder Modernisierung. In einer dynamischen Version werden die Stoffströme im Lebenszyklus abgebildet. Regionale Materialkataster beziehen sich auf größere zusammenhängende Bestände, innerhalb derer bei den erfassten Gebäuden alle Phasen des Lebenszyklus zeitgleich auftreten können. Materialinventare sind in einer dynamischen Ausprägung lebenszyklusorientiert anzulegen, im Minimum müssen Angaben zu verbauten Materialien lebenszyklusbegleitend vorgehalten werden. Regionale Materialkataster sind hingegen stichtags- oder zeitraumbezogen innerhalb räumlicher Systemgrenzen aufzubauen und fortzuschreiben.

Informationsbedarfe entstehen im Kontext von Anlässen. Diese stehen im Bezug zu den genannten Handlungsebenen und damit einhergehenden Planungsaufgaben und

Entscheidungen beteiligter Akteure. Die Akteure greifen bei diesen Aufgaben und Entscheidungen bereits auf unterstützende Instrumente zurück. Die hierfür im Projekt konzipierten Akteur-Anlass- Instrument-Konstellationen unterstützen eine Identifizierung und Analyse von Akteuren und deren Informationsbedarfen. Dieser Bedarf an akteursbezogenen und kontextspezifischen Informationen liegt explizit oder implizit den entsprechenden Analysen auf Bauwerks- und Bauwerksbestandsebene zugrunde.

Von besonderer Bedeutung für die integrierte Entwicklung von Materialinventaren für Bauwerke und Materialkataster für Gebäudebestände ist die Bereitstellung gemeinsamer Grundlagen. Benötigt werden Kategorien und Bezeichnern für Rohstoffe, Einzelstoffe, Baumaterialien, Abfälle sowie eine Systematik für Bauwerke, Bauwerksteile und Bauteile bzw. Elemente. Hierfür wurden Grundlagen identifiziert, Lücken geschlossen und Vorschläge für eine Weiterentwicklung unterbreitet. Materialbezogene Kategorien und Bezeichner wurden so strukturiert, dass eine eindeutige Beschreibung von Rohstoffen, Baumaterialien, Abfallkategorien und Sekundärstoffen gewährleistet ist und eine Verfolgung entsprechender Flüsse und Umwandlungsprozesse unterstützt wird. Zusätzlich wird die Erfassung und Bewertung materialinduzierter „grauer Emissionen“ möglich. Zugleich wurde in der konkreten Bearbeitung die Anforderung beachtet, die Anschlussfähigkeit an in der Praxis eingeführte Bezeichnungen zu wahren, beispielsweise die der Rohstoffsicherung oder der Recyclingwirtschaft. Durch die gewählte Skalierbarkeit werden unterschiedliche Detaillierungsgrade bei den Angaben zu verbauten Materialien bzw. regionalen Stoffströmen möglich. Entsprechende Festlegungen wurden für bauwerksbezogene Kategorien und Aspekte getroffen, welche sowohl anschlussfähig an Inventare als auch an Kataster sind. Dies bezieht sich auf Strukturierungsansätze für Gebäude, für Bauwerksteile sowie auf die Frage der Trennbarkeit von Verbindungen. Als wichtige Unterscheidungskriterien von Gebäuden hinsichtlich der Materialzusammensetzung wurden die Nutzungsart, die Konstruktionsweise sowie das Baualter identifiziert. Die vom Statistischen Bundesamt verwendete „Systematik der Bauwerke“ greift dies auf und ist damit geeignet, sowohl Bezüge zu Materialinhalten von Gebäuden als auch zur Anzahl an Gebäuden in Beständen herzustellen. Eine Systematik von Bau- und Bauwerksteilen dient der Verortung von Baumaterialien im Bauwerk und eröffnet unterschiedliche Spezifizierungsmöglichkeiten für Inventare und Kataster, beispielsweise zur Konkretisierung von Nutzungsdauern oder Spezifizierung von Schadstoffbelastungen. Eine geeignete Grundlage hierfür ist die Gliederung von Bauwerken nach Bauteilen gemäß der DIN 276. Angaben zu Verbindungsarten und Trennbarkeit von Bauteilen liefern Informationen zur Bewertung der Wiederverwendbarkeit von Bauteilen und Materialien. Die Lösbarkeit von Verbindungen sowie das Risiko von Anhaftungen sind als wesentliche Merkmale zur Beschreibung von Verbindungen zu beachten.

Konzeption von Materialinventaren für Gebäude und Bauwerke

Bei der Erstellung und Nutzung von Materialinventaren kann an die Dokumentation verbauter Materialien und Komponenten in Form von Materialauszügen und Stücklisten angeknüpft werden. Diese in der Vergangenheit für Gebäude und bauliche Anlagen übliche Vorgehensweise wird im Hochbau aktuell kaum noch verfolgt. Selbst bereits Jahrzehnte währende Diskussionen und Forschungsaktivitäten zum Thema Gebäudepass bzw. Hausakte im Sinne einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation, die u. a. auch Angaben zu verbauten Materialien enthalten sollte, führten zu keiner flächendeckenden Anwendung. Es wird eingeschätzt, dass den vielfältigen Ansätzen und Formaten zur Bereitstellung gebäudespezifischer Informationen im Sinne eines Angebots keine Nachfrage gegenüberstand. Dies wurde durch eine unklare Zielstellung bei Gebäudepässen noch verstärkt. Je nach Standpunkt wurde in diesen ein Hilfsmittel zur Qualitätssicherung, zur Bewertung, zur Wiedergabe von Betriebsanleitungen oder zur Aufnahme von Objektinformationen gesehen.

Ausgehend von dieser Analyse wurde im Projekt der Ansatz der Stärkung der Nachfrage entwickelt. Es wurden Akteure und Anlässe identifiziert, die zu einer Nachfrage nach Informationen zu Art, Umfang, Ort und Eigenschaften verbauter Materialien bei Hochbauten führen. Ergänzt durch die Erfassung der dabei verwendeten Instrumente konnten Akteur-Anlass-Instrument-Konstellationen analysiert und die Informationsflüsse zwischen Akteuren untersucht werden. Auf dieser Basis wurden Anforderungsprofile an den Informationsgehalt von Materialinventaren formuliert und deren Verwendungsmöglichkeiten als Teil von Gebäudepässen beschrieben. Gleichzeitig wurde herausgearbeitet, dass durch veränderte Rahmenbedingungen das Interesse an Themen wie Materialaufwand und Abfallaufkommen wächst. Treiber sind hier die Megatrends wie Ressourcenverknappung und Klimawandel, international anerkannte Nachhaltigkeitsziele, die zunehmende Nachhaltigkeitsbewertung unter Nutzung von Lebenszyklusanalysen und Ökobilanzen, Kreislaufwirtschaft, Integration von Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit in Risikoanalyse, Wertermittlung, die Festlegung von Finanzierungs- und Versicherungskonditionen sowie die stärkere Wahrnehmung von Verantwortung gegenüber Umwelt und Gesellschaft als Teil des Wertewandels.

Anders ist die Situation bei Ingenieurbauwerken, deren Planung, Errichtung und Nutzung durch Einrichtungen der öffentlichen Hand begleitet wird. Kontinuierlich werden hier Angaben zu Bauwerken erfasst und verwaltet sowie lebenszyklusbegleitend aktualisiert. Das Instrument der Bauwerksbücher bildet die geeignete Grundlage dafür, Angaben zu den verbauten Materialien zu erweitern. Ein derartiger Bedarf entsteht im Hinblick auf Wirkungen auf die lokale Umwelt, die von oberflächenbildenden Materialen ausgehen, die an Boden, Außenluft bzw. Oberflächen- und Grundwasser stoßen. Durch die Bearbeiter wurde angeregt, neben der Art verbauter Materialien insbesondere auch die Mengen systematisch zu erfassen. Die grundsätzlichen Anforderungen an Materialinventare für Ingenieurbauwerke sind mit denen für Hochbauten vergleichbar. Auch bei Ingenieurbauwerken wächst z.Zt. das Interesse an Nachhaltigkeitsbewertungen, für die internationale Normen eine Basis liefern.

Auf Basis der Anforderungen an den Informationsgehalt und die Aufgaben von Materialinventaren wurden Konzepte für drei Ausprägungsarten entwickelt: (1) Materialinventare in der Basisversion; (2) Materialinventare in der Element-Version und (3) Materialinventare in einer dynamischen Version, die den vollständigen Lebenszyklus abbildet und sich stark an einen vollständigen Finanzplan anlehnt. Dabei eignet sich die Basisversion für eine überblicksartige Zusammenfassung der in Bauwerken verbauten Materialien. Diese können Bauwerksteilen im Sinne einer Verortung zugeordnet werden. Durch Angaben zur Lebens-, Nutzungs- bzw. mittleren Verweildauer und von Abfallschlüsseln können Rückschlüsse auf Zeitpunkt und Art von Verwertungsmöglichkeiten abgeleitet werden. Es wurde deutlich, dass insbesondere die Abfallschlüssel weiter ausdifferenziert werden müssen – hierfür wurden im Projekt Vorschläge unterbreitet. Als vielseitig einsetzbar hat sich das Materialinventar in der Element-Version erwiesen. Durch ein Vorgehen gemäß der aus der Kostenplanung bekannten Element-Methode können Einzelschichten sowie die Art ihrer Verbindung und Möglichkeiten ihrer Trennbarkeit erfasst, Hersteller- und Produktbezeichner zugeordnet, Wirkungen auf lokale Umwelt und Gesundheit beschrieben und Verwertungsmöglichkeiten angegeben werden. Die Nutzung der Element-Methode führt automatisch zu einer Verortung im Bauwerk. Im Sinne einer Zusammenfassung kann diese detaillierte und auch in der Nachhaltigkeitsbewertung einzusetzende Ausprägungsart für Dokumentationszwecke in ein Materialinventar in der Basisversion überführt werden. Bei einem dynamischen Materialinventar können bereits in der Planungsphase die Stoffströme der in- und output-Seite prognostiziert werden. Es ist möglich, dieses Instrument lebenszyklusbegleitend zu aktualisieren.

Die drei Ausprägungsarten für Materialinventare lassen sich um Angaben zu (1) embodied impacts (hier z. B. „Graue Energie“ und „Graue Emissionen“) sowie (2) zur Inanspruchnahme

natürlicher Rohstoffe ergänzen. Während für (1) eine ausreichende Datenbasis existiert, verhindern derzeit bei (2) bestehende Datenlücken die konkrete Umsetzung. Empfohlen wird daher, die Entwicklung geeigneter Methoden und Datengrundlagen zur Erfassung, Bewertung und Beeinflussung der Inanspruchnahme natürlicher Rohstoffe voranzutreiben.

Erarbeitete Vorschläge wurden mit Praxispartnern erprobt. Gemeinsam mit dem BBSR wurde der Anwendungsfall Bürogebäude, mit dem Bundesverband Deutscher Fertigbau und dem Mitgliedsunternehmen WeberHaus der Anwendungsfall Einfamilienhaus als Fertighaus und mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe der Anwendungsfall Brückenbauwerk getestet. Bei allen Praxispartnern konnte auf einem hohen Eigeninteresse und eigenen Vorarbeiten aufgebaut werden. Es wurde deutlich, dass insbesondere die Ausprägungsart eines Materialinventars in der Element-Version geeignet ist, die nachgefragten Informationen zur Verfügung zu stellen. Über die reine Erprobung hinaus wurden Initiativen in Richtung einer konkreten Umsetzung ausgelöst und durch das Projekt unterstützt. Gespräche mit weiteren Praxisvertretern zeigten Möglichkeiten auf, die Erstellung von Materialinventaren in komplexe Planungs- und Bewertungshilfsmittel zu integrieren sowie im Rahmen von BIM zu unterstützen.

Deutlich wurde im Rahmen der Bearbeitung eine Modifikation von Ziel und Motiv der Erstellung von Materialinventaren. Das Ziel, über die Beschreibung verbauter Materialien Informationsgrundlagen zum Stofflager Bauwerk zu schaffen und vorzuhalten und eine gezielte spätere Verwertung zu unterstützen, besteht weiter fort. Deutlich wird eine strategische Lücke. Ein dem Zustand bei Übergabe des Bauwerks entsprechendes Materialinventar wird bisher kaum fortgeschrieben. Im Rahmen der Rückbauplanung verlässt man sich nicht auf diese Angaben, sondern erfasst und bewertet den dann vorzufindenden Zustand. Hier findet ein Bedeutungswandel statt. Angaben zu verbauten Materialien werden zur Informationsquelle für Risikoanalyse und Wertermittlung und in der Tendenz zur Basis der Bewertung einer Inanspruchnahme natürlicher Rohstoffe.

Im Ergebnis der Befassung mit bauwerksspezifischen Materialinventaren werden folgende Schlussfolgerungen gezogen und Handlungsempfehlungen gegeben

- Das Interesse an Informationen zu den in Bauwerken verbauten Materialien wächst in Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft.
- Für bauwerksspezifische Materialinventare gibt es bisher – im Unterschied zu anderen Branchen – keine konkreten Empfehlungen oder Vorgaben zu Form und Inhalt. Dies ist ein Hemmnis.
- Über die Vorgaben zur einheitlichen Gestaltung von Materialinventaren hinaus ergibt sich ein dringender Bedarf an einer Harmonisierung weiterer Grundlagen. Dies betrifft insbesondere die Bezeichner von Materialen und Abfallkategorien sowie die Beschreibbarkeit von Einbau- und Verbindungsarten sowie Rückbau- und Trennmöglichkeiten.
- Die Nachfrage nach materialbezogenen Informationen geht weit über eine Auflistung verbauter Materialien hinaus. Um eine Nachfrage nach Materialinventaren auszulösen und zu verstetigen, müssen diese einen Mehrwert in Form von akteurs- und kontextspezifischen Zusatzinformationen bieten.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass in naher Zukunft der carbon footprint von Gebäuden in der Förderung und im Anschluss daran auch in der Gesetzgebung eine Rolle spielen

wird. Bei der Ermittlung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus in Form einer Ökobilanz ist ein Materialinventar entweder Ausgangspunkt oder Nebenprodukt.

- Ein Materialinventar kann als eigenständiges Instrument/Dokument angesehen werden. Es sollte jedoch vorzugsweise in einen Gebäudepass im Sinne einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation integriert werden.
- Soweit Materialinventare bereits in der Planung für die Prognose des künftigen Aufkommens an wiederverwendbaren Bauteilen, recyclingfähigen Materialien und verbleibenden Abfällen verwendet werden sollen besteht ein Bedarf, die Angaben in Umweltproduktdeklarationen zu den Modulen C und D auszubauen.
- Soweit Materialinventare genutzt werden sollen, um die Inanspruchnahme an Primärrohstoffen zu beschreiben und zu bewerten, müssen für Materialien geeignete Informationen zur Verfügung gestellt werden. Die Aussagekraft und die Interpretationsmöglichkeiten von Angaben zum kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) sollten geprüft werden.
- Materialinventare sollten den Zustand des Bauwerks bei Fertigstellung/Übergabe repräsentieren und dann fortgeschrieben werden. Hierfür fehlt es bisher an Anreizen und Bereitschaft.
- Für mehr Verbindlichkeit bei der Nachfrage nach Materialinventaren bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten an. Beispiele sind (1) die Aufnahme in die Anforderungen von Nachhaltigkeitsbewertungssystemen, (2) die Aufnahme in die Anforderungen von Förderprogrammen, (3) die Aufnahme in die besonderen Leistungen gemäß HOAI.
- Es wird vorgeschlagen, zu prüfen, ob über Abfragen zu Bauweise und Hauptbaustoffen im Bauantrag hinaus ein Materialinventar im Zusammenhang mit einer noch einzuführenden „Fertigstellungsmeldung“ abverlangt werden kann und soll. Voraussetzung hierfür ist, dass Materialinventare praktisch ohne Mehrkosten erstellt werden können.
- Materialinventare für Typvertreter von Einzelbauwerken können eine Grundlage für die Erstellung regionaler Materialkataster sein. Dies trifft auch und insbesondere für Bauwerke des Ingenieur- und Tiefbaus zu.

Das Thema der bauwerksspezifischen Materialinventare steht damit an der Schwelle vom „ob“ zum „wofür“ und „wie“.

Konzeption von Materialkatastern für Bauwerksbestände

Materialkataster sind Instrumente, mit deren Hilfe die Größe und Zusammensetzung von Materiallagern in Bauwerksbeständen und deren zeitliche Veränderungen beschrieben werden können. Sie beziehen sich auf Materialmengen und Materialqualitäten in definierten räumlichen Systemgrenzen bzw. Regionen und sind input- sowie output-seitig um rohstoff- und abfallwirtschaftliche Aspekte sowie materialinduzierte Wirkungen (z. B. Graue Emissionen) erweiterbar. Das Verständnis von Raum umfasst dabei Regionen, deren Zuschnitt und Grenzen sich an den Aufgaben und Entscheidungen der Akteure orientieren, die auf die jeweiligen Informationen zurückgreifen.

Die Informationsbedarfe der Akteure bilden den Ausgangspukt der Konzeption des Katasters. Ausgehend von einem grundsätzlichen Verständnis von möglichen Anforderungen an

Materialkataster wurden diese entlang von akteursspezifischen Informationsbedarfen im Dialog mit Akteuren spezifiziert. Berücksichtigt wurden Akteure der Entsorgungswirtschaft, genehmigungsrechtlich Verantwortliche, Gestalter von Ressourcenpolitik insbesondere auf kommunaler Ebene und der Baustoffindustrie. Zudem flossen Erfahrungen der Projektbearbeitenden in den Bereichen regionaler Rohstofffragen, der Abfallwirtschaft sowie Regional- und Stadtplanung mit ein. Es zeigt sich, dass mögliche Informationsbedarfe von Akteuren ein enormes Spektrum aufweisen, das es abzudecken gilt. Nachgefragt werden u. a. Angaben zu unterschiedlichen Materialkategorien der Baustoffe, Rohstoffe, Abfallfraktionen und Sekundärstoffe. Dies differenziert sich jeweils unterschiedlich aus und geht bis auf die Ebene einzelner Schadstoffe. Räumlich beziehen sie sich vor allem auf die regionale und Gemeindeebene und auf die Dynamik von Bestandsveränderungen, also auf die Flüsse. Nicht nur die Materialien selbst stehen im Fokus, auch Informationsbedarfe direkt zu den Gebäudebeständen, die Materialflüsse initiieren, werden geäußert.

Dies steckt den Rahmen für die Analyse geeigneter Methoden ab, die sich zum Aufbau von Materialkatastern eignen. Hieraus wird deutlich, dass sich insbesondere Materialflussanalysen (MFA) nach dem sogenannten materialkennziffernbasierten bottom-up-Prinzip eignen, entsprechende Informationen auf Regions- bzw. der Ebene von Beständen zu generieren. Diese basieren auf dem Prinzip der Bauwerkstypisierung und der Hochrechnung von Materialmengen unter Verwendung bauwerksspezifischer Materialindikatoren, sogenannter Materialkennziffern. Grundsätzlich lässt sich damit auch die Dynamik von Materialflüssen abbilden unter Verwendung prognostischer Methoden zur Abbildung der Bestandsdynamik, der indirekten Abbildung von Dynamik, z. B. mit Hilfe einwohnerbezogener Kenngrößen oder der Simulation von Dynamik unter Verwendung statistischer Methoden unter Beachtung von Lebensdauern oder Überlebensfunktionen.

Zur Anwendung der Methoden werden geeignete Datengrundlagen benötigt. Als Quellen können insbesondere Sachdaten der Bautätigkeitsstatistik und Geodaten aus vorliegenden Geobasisdaten-Produkten genutzt werden. Erstere eignen sich insbesondere für die Darstellung von Wohngebäudebeständen, letztere für Nichtwohngebäude. Differenziert sind die Daten auch im Hinblick der Abbildbarkeit zurückliegender Bestandsveränderungen zu betrachten. Lücken bestehen hier insbesondere beim Gebäuderückbau, der nur sehr unzureichend aus den Daten ablesbar ist. Es ist deshalb unabdingbar, die genannten Datenprodukte aus Sach- und Geodaten entsprechend zu kombinieren und mit geeigneten Annahmen zu ergänzen, welche die plausible Abbildung der Bauwerksdynamik ermöglichen.

Aussagen zu Baumaterialflüssen liegen in verfügbaren Statistiken wie der Bautätigkeitsstatistik oder der Abfallstatistik vor. Sie genügen aber in keiner Weise den Anforderungen, die an Materialkataster gestellt werden. Gebäudetypenbezogene Materialkennziffern (MKZ) bieten in Verbindung mit der verfolgten Methode der bottom-up MFA einen Lösungsansatz. Vorliegende MKZ aus der Literatur oder aus frei verfügbaren Datenbanken weisen in der Regel die Art und Menge des in Typvertretern verbauten Baumaterials aus. Die im Projekt entwickelte Systematik setzt hier an, differenziert die Materialkennziffern unter Beachtung der übergeordnet festgelegten Materialkategorien so aus, dass sich diese unmittelbar umrechnen lassen in Rohstoffe (durch Beachtung von Baumaterialrezepturen), Abfallkategorien (durch Zuordnung sowie weitere Differenzierung der Abfallkategorien) und graue Emissionen (durch Einbindung von Ökobilanzdatensätzen). Hieraus resultiert ein stringenter Differenzierungsvorschlag, der den Informationsbedarfen der mit dem Materialkataster adressierten Akteure entlang der Wertschöpfungskette einerseits genügt. Andererseits bietet diese Systematik die Schnittstelle für Materialkategorien, die mit bauwerksspezifischen Materialinventaren aufgegriffen und weiter spezifiziert werden können.

Auf Basis dieser Grundlagen wurden Materialkataster im realen Anwendungskontext im Rahmen von Fallbeispielen konkretisiert und erprobt. Mit der Stadt Hamburg konnte hier eine urban geprägte Region, mit dem Landkreis Meißen eine eher ländlich geprägte Region untersucht werden. Drei themenbezogene Anwendungsfälle des Katasters wurden gemeinsam mit den Akteuren herausgearbeitet: Entwicklung von kommunalen Strategien zur Schließung von Stoffkreisläufen, Planung von Rohstoffbedarfen sowie Ermittlung, Bewertung und Beeinflussung materialinduzierter Emissionen als Beitrag zur Klimaschutzdiskussion. Hieraus wurde deutlich, dass Informationen, die sich mit Materialkatastern generieren lassen, vor allem Stärken zeigen bei der Unterstützung strategischer Aufgaben. Auch zeigte sich, dass Handlungsspielräume kommunaler Akteure sich entlang von Gebäudeteilbeständen differenzieren lassen, welche im Kataster aufgegriffen werden können. Drittens wurde deutlich, dass das Informationsinstrument des Katasters vor allem dann Wirkung erzielt, wenn es systematisch in den Prozess der Strategieentwicklung und -diskussion eingebunden wird – als Quantifizierungsgrundlage für weit darüber hinausgehende Simulationen wie etwa zu Bestandsentwicklungsszenarien, die auf Rohstoffschonung und Klimaschutz abzielen.

Hieraus resultierenden Empfehlungen für den Aufbau von regionalen Materialkatastern in Kommunen und Regionen:

- Die geeignetste Methode als Grundlage zur Konzipierung von Materialkatastern ist die bottom-up MFA mit den Modulen Gebäudebestände, Materialkennzahlen und Dynamik.
- Zur Abbildung von Gebäudebeständen ist eine geeignete Typologie zugrunde zu legen mit Bezügen zu Gebäudebestandsdaten, zu Konstruktionsweisen und zu Entscheidungsspielräumen von Akteuren bspw. Gebäude in Bauherrenschaft der Kommune (z. B. Schulen).
- Zur Abbildung von Gebäudebeständen und -dynamik sind Sachdaten und Geodaten zu kombinieren. Geeignete Bezugsgrößen sind Nutzfläche und Bruttorauminhalt.
- In der Regel sind prospektive Betrachtungen erforderlich. Im Hinblick auf die Kommunikation der Informationen sollten Ansätze zur Abbildung von Dynamik möglichst einfach gehalten werden, angelehnt an bereits lokal vorhandene Modelle der Bestandsfortschreibung oder basierend auf klar kommunizierbaren Annahmegerüsten.
- Materialkennziffern sollten grundsätzlich die relevanten Materialkategorien entlang der Wertschöpfungskette in einer Gliederungstiefe bereitstellen, dass sie anschlussfähig sind an vorhandene Instrumente (z. B. Rohstoffplanung) oder eingeführte Kategorien (z. B. Abfallkategorien). Bezüge zu klimarelevanten Emissionen sollten vorgesehen werden.
- Materialkataster sollten aktiv in Entscheidungsprozesse eingebunden werden. Diese sind oft sektorenübergreifend und strategisch ausgerichtet und folgen keinen festgelegten Routinen. Die Einbindung fordert vom Kataster eine hohe Flexibilität ab. Ein klarer modularer Aufbau des Katasters sowie eine differenzierte Struktur der einzelnen Komponenten (Typologie und Materialkennziffern) tragen hierzu bei.
- Materialkataster für Gebäudebestände erfassen nur etwa die Hälfte regionaler Materiallager und Flüsse. Viele Informationsbedarfe von Akteuren beschränken sich nicht auf Gebäudebestände, sondern beziehen Materialflüsse aus Infrastrukturen mit ein. Regionale Materialkataster sollten deshalb um den Bereich Infrastruktur ergänzt werden. Hinsichtlich der nicht-

metallischen mineralischen Materialien sind auf der Ebene von Städten und Regionen insbesondere die Straßen und Wege von Interesse. Der hier vorgeschlagene Mix aus Sach- und Geodaten einerseits sowie das vorgeschlagene Prinzip der bottom-up MFA bieten gute Möglichkeiten für diese Erweiterung.

- Der Aufbau von Materialkatastern sowie deren Einbindung in Entscheidungsprozesse stellt hohe Anforderungen und setzt Expertisen voraus, die so üblicherweise in Behörden nicht vorhanden sind. Bislang übernimmt meist die Forschung diese Rolle. Längerfristig ist zu prüfen, inwieweit Prozesse insofern verstetigt werden können, beispielsweise durch den Aufbau entsprechender Dienstleistungsangebote.

- Die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit des Aufbaus einer Wissensbasis zu lokalen Materiallagern und deren Veränderung spiegelt sich derzeit nicht in kommunalen oder regionalen Pflichtaufgabenkatalogen wider. Meist wird der Nutzen der Informationen erst anerkannt, wenn diese vorliegen und dadurch der handlungsunterstützende Bezug deutlich wird. Es wird deshalb empfohlen, geeignete Förderstrukturen zum Aufbau regionaler Materialkataster zu prüfen.

- Der erreichbare Detaillierungsgrad regionaler Materialkataster ist insbesondere durch den Generalisierungsschritt des Typisierungsansatzes begrenzt. Dadurch ergeben sich Grenzen des Einsatzes von Materialkatastern.

- Das Kataster hilft, Bestände zu beschreiben und deren Dynamik vereinfacht abzubilden. Zwar bietet es kein ausreichendes Handwerkszeug, die Dynamik in Gebäudebeständen im Zusammenspiel sozio-technischer Systeme in ihrer Gesamtheit und entstehende Abhängigkeiten zu verstehen. Es bietet aber eine umfassende und solide Informationsgrundlage, an die weitergehende Methoden sehr gut anknüpfen können wie z. B. die Szenario-Methode und darüber hinausgehende Methoden wie sie z. B. in der Aktions- und Transformationsforschung angewendet werden.

Materialkataster und Materialinventar als übergreifendes Konzept

Regionale Materialkataster für Bauwerksbestände und Materialinventare für Einzelbauwerke weisen spezifische Stärken auf, die dazu beitragen, den Kreislaufgedanken beim Planen und Bauen insgesamt zu stärken. Die Stärke regionaler Materialkataster für Bauwerksbestände liegt in der Integration von Planungsaufgaben. Sektoral organisierte Planungsaufgaben werden entlang von Materialflüssen zueinander in Bezug gesetzt und daraus resultierende Potenziale der Kreislaufführung aufgezeigt. Dies dient der Konkretisierung von Umsetzungsstrategien der Kreislaufführung von Materialflüssen im Bauwerksbestand. Materialkataster entfalten ihre Stärken damit in erster Linie als informatorische Instrumente für strategische Planungsprozesse privater und öffentlicher Akteure auf regionaler Ebene sowie bezogen auf Teilräume oder Teilbestände. Die Stärke von Materialinventaren liegt vor allem in der Unterstützung von Entscheidungen, die im Zusammenhang mit der Bauwerkserstellung, Bauwerksbewirtschaftung, Modernisierungs- und Rückbauplanung bezogen auf das Einzelbauwerk stehen.

Durch die Zusammenführung von Materialkataster und Materialinventar zu einem ganzheitlichen Konzept für ein Informationsmanagementsystem können darüber hinaus synergetische Potenziale gehoben werden. Eine zentrale Voraussetzung dessen ist die Kompatibilität der Formate, Typologien und Bezeichner von Rohstoffen, Baumaterialien Abfallkategorien, Bauteilen, Bauweisen, Gebäudenutzungsarten und Baualtersklassen sowie

Standortangaben. Auf dieser Grundlage lassen sich unterschiedliche Überschneidungen konkretisieren und entwickeln:

Materialinventare können von Daten für Typvertreter und Gebäuderepräsentanten liefern und leisten so einen Beitrag zur Verbesserung der empirischen Datenbasis zur Aufstellung von Materialkatastern. In der vorgeschlagenen Basisversion kann das Materialinventar Informationen zu regionsspezifischen Bauweisen sowie zu bauteilbezogenen Konkretisierungen bereitstellen, auf Grundlage derer strategisch orientierte Bestandsveränderungssimulationen (z. B. CO2 arme Bauweisen) im Kataster durchgeführt werden können. Materialinventare in der Element-Version ermöglichen in ausgewählten Fällen eine Risikoabschätzung zu Schadstoffinhalten einzelner Materialgruppen. Informationen zur Trennbarkeit von Schichten und daran anknüpfend zur Zuordnung zu Abfallkategorien tragen dazu bei, Potenziale spezifischer Baustoffaufbereitungsprozesse und herzustellender Recyclingbaustoffe deutlich zielgenauer abzuschätzen. Materialinventare in einer dynamischen Version, die lebenszyklusbegleitend fortgeschrieben wird, ermöglichen darüber hinaus, Veränderungen der Materialzusammensetzungen und Eigenschaften zu berücksichtigen, die aus zurückliegenden Sanierungszyklen der Gebäude resultieren. Dies erlaubt die Identifizierung und Quantifizierung wichtiger Stoffgruppen, die nach der Erstellung der Bauwerke eingebracht wurden bzw. die Prognose des Auftretens von Stoffen beim Rückbau, die beim Neubau nicht mehr eingesetzt werden.

Ein bisher in Deutschland wenig diskutierter Ansatz ist die Fortschreibung regionaler Materialkataster auf Basis der Erfassung und Berücksichtigung des tatsächlichen Baugeschehens. Eine Bedingung hierfür ist die flächendeckende Erstellung von Materialinventaren. Mittelfristig ist davon auszugehen, dass wesentliche Voraussetzungen hierfür erfüllt werden können: Die Erstellung von Materialinventaren nahezu ohne Mehrkosten durch die voranschreitende Nachhaltigkeitsbewertung mit Ökobilanzierung, der Einsatz von Planungshilfsmitteln bis hin zu BIM, ein bestehendes öffentliches Interesse als Folge der Megatrends von Ressourcenverknappung und Klimawandel und ein für Bauherren erkennbarer Mehrwert in Form finanzieller Vorteile bei Wertermittlung und Finanzierungskonditionen durch Nachweis der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit verbauter Materialien. Die zweite Bedingung ist zentrale Erfassung und Auswertung der Materialinventare.

Dies erfordert, den Prozess der Datenübergabe zu gestalten und die datenschutztechnischen Voraussetzungen zu schaffen. Der Aufbau einfacher Melde- und Registrierungsstrukturen sollte ein mittelfristiges Ziel sein. Zur Frage des Datenschutzes existieren in anderen Ländern andere Auffassungen. Vor dem Hintergrund eines öffentlichen Interesses existieren z. B. in Österreich zentrale Energieausweisdatenbanken und werden in Finnland Konzepte zur flächendeckenden Verwaltung digitaler Zwillinge von Gebäuden diskutiert.

Materialinventare tragen damit nicht nur dazu bei, Entscheidungen im Lebenszyklus von Bauwerken auf eine rohstoffschonende und kreislauforientierte Bewirtschaftung der Materialien auszurichten, sie erschließen zugleich Informationspotenziale zur Unterstützung strategischer Planungsprozesse auf rahmensetzender Ebene, die in regionalen Materialkatastern zusammengeführt werden können. Deren Anwendung trägt zu einer stärkeren gesellschaftlichen Wahrnehmung der Bedeutung der Bauwerke als Nachfrager von Rohstoffen und Materialien aber auch als Materiallager und dessen Beitrag zur regionalen Rohstoffsicherung bei. Das hieraus resultierende Problembewusstsein ist Voraussetzung dafür, um Gestaltungsmöglichkeiten der klimaschonenden Kreislaufführung vor Ort zu spezifizieren, in Planungs- und Förderinstrumenten umzusetzen und auf Bauwerksebene zu realisieren.

Summary

The project, which was funded by the Federal Environment Agency and whose results are presented here in summary form, is part IV of a series of research projects on mapping the anthropogenic stock. The project ran from 2018-2021.

Challenges and objectives

The majority of the anthropogenic material stock is to be found in our built environment. This is particularly true of non-metallic minerals. In Germany, the material stock is currently growing and changing in composition. Current forecasts indicate a significant rise in the quantities of output building materials as a result of increased demolition and renovation activities; in particular, outputs are projected to rise above inputs. Problems may then arise in terms of disposal due to limited landfill capacities and more stringent environmental requirements for the recycling of construction waste. The shortage of resources is likely to remain a megatrend, even if new construction activity declines as predicted. It is thus essential to conserve natural resources by closing or slowing down material cycles. At the same time, the goals of climate protection dictate that material-induced grey emissions should be lowered. Both globally and nationally, there exist numerous programs to promote resource conservation and climate protection. Some examples are the UN Sustainable Development Goals, the EU's Circular Economy Action Plan, the German Resource Efficiency Program and the German Sustainability Strategy.

In order to be correctly implemented, it is vital that these programs and goals be made operational for actors. One obstacle is the lack of an information basis on which practitioners can act in a more consistent, resource-conserving and circular manner.

The motivating thesis behind this project is that such an information basis is most effective if it precisely meets the actual data needs of those actors whose decisions influence material flows and the use of materials in buildings. To this end, the project's aim was to develop and test an integrated approach involving two instruments to document material flows and material stocks: (1) material inventories for individual buildings; and (2) material cadastres for regional building stocks. This approach is designed to close information gaps and support decision-makers in the resource-saving and cycle-oriented management of buildings and building stocks.

Comprehensive approach and basic principles

The dual approach of material inventories for individual buildings and material cadastres for building stocks is designed to address different levels of action. Material inventories for buildings refer to the various measures of construction, maintenance or modernisation. In a dynamic version, the material flows are mapped over the life cycle. Regional material cadastres refer to larger contiguous stocks, within which all phases of the life cycle of the considered buildings can occur simultaneously. The dynamic version of material inventories foresees that – at a minimum – information on materials used must be kept available throughout the life cycle. Regional material cadastres, on the other hand, must be established and updated on a key date or for a specific period within a designated area.

Information needs will vary depending on the aforementioned levels of action at any one time and the associated planning tasks and decisions of the actors involved. These actors already use data instruments for their various tasks and decisions. In the project, particular constellations of actors, occasions and instruments were considered that can best support the identification and analysis of actors and their information needs. This need for actor-related and context-specific information forms the basis for the corresponding analyses at the level of buildings and building stocks.

To ensure the integrated development of material inventories for buildings and material cadastres for building stocks, it is particularly important to draw up standard basic principles. Thus we require categories for raw materials, building materials and waste as well as a classification system for buildings, parts of buildings and components or elements. For this purpose, basic principles were identified, knowledge gaps closed and proposals generated for further development. Material-related categories and identifiers were structured in such a way as to ensure the clear description of raw materials, building materials, waste categories and secondary materials as well as to support the tracking of corresponding flows and transformation processes. In addition, the approach enables the recording and evaluation of material-induced grey emissions. At the same time, the aim was to ensure a close alignment with specifications introduced in planning practice, e.g. those used to secure raw materials or recycling management. The chosen scalability permits information on materials used or regional material flows to be generated at different levels of detail. Corresponding specifications were made for construction-related categories and factors, which can be linked to inventories and cadastres. This refers to the classification of building types and building elements as well as the question of the separability of connections between structural elements. The type of use, the construction method and the age of buildings were identified as important criteria for distinguishing the material compositions. The “Systematic Classification of Buildings” used by the Federal Statistical Office makes use of these criteria and can thus be taken as a reference both for the material contents of buildings and the number of buildings in existing stocks. By classifying buildings and building components, it is possible to locate specific materials in the building and thereby open up new information options for inventories and cadastres, for example to estimate useful life or determine pollutant loads. A suitable basis for this is the classification of buildings by their components, in accordance with DIN 276. Information on types of connections and the separability of components can help evaluate the likely reusability of components and materials. The detachability of connections as well as the risk of adhesions are considered essential details when describing connections.

Design of material inventories for buildings and structures

In order to create and use material inventories, it is necessary that installed materials and components be documented in the form of bills of materials. This previously standard practice in the building sector is hardly used today. Decades of discussion and research activities on the subject of building passports and house files to accompany objects over their life cycles (and which should also contain information on the materials used) have not resulted in their widespread application. Apparently, there is little demand for the various approaches and formats to provide building-specific information. This has been exacerbated by the unclear objective of building passports. Depending on the point of view, these have been viewed as a tool for quality assurance, for evaluation, for reproducing operational handbooks or for recording object information. Based on this analysis, the current project aimed to strengthen demand for such information. Actors and occasions were identified which require information on the type, extent, location and properties of materials used in building construction. Supplemented by an identification of the instruments used in the process of data gathering, actor-occasion-instrument constellations could be pinpointed and the information flows between actors analysed. On this basis, requirement profiles for the information content of material inventories were formulated and their possible application to building passports described. At the same time, it was determined that changes in the framework conditions are promoting interest in topics such as material costs and waste generation. This is being driven by megatrends such as resource scarcity and climate change, internationally recognised sustainability goals, a focus on sustainability by means of life cycle analyses and assessments, the circular economy, the integration of environmental and health impacts in risk analysis, value assessment, the

definition of financing and insurance terms and a greater sense of responsibility towards the environment and society as part of the change in values.

The situation is different for civil engineering structures, whose planning, construction and use is generally accompanied by public institutions. Here, information on structures is continuously recorded, managed and updated throughout the life cycle. The instrument of the *Bauwerksbuch* (inspection book) provides a suitable basis for extending information on materials used. This is necessary to monitor the likely impact on the local environment of surfacing materials which are in direct contact with the soil, outside air or surface and ground water. The authors of the study suggested that, in addition to the type of materials used, the quantities of these materials should also be systematically recorded. The basic requirements for material inventories for civil engineering structures are comparable to those for other buildings. Interest in sustainability assessments, for which international standards can provide a basis, is also currently growing amongst civil engineers.

Based on the required information content and potential tasks of material inventories, concepts were developed for three types of inventory: (1) a basic version; (2) an elemental version and (3) a dynamic version to map the complete life cycle and which is rooted in a comprehensive financial plan. The basic version gives an overview of the materials used in buildings. These can be localised to individual building components. Information on the life, use or average residence time and European waste codes can be used to draw conclusions about the time frame and type of recycling possibilities. During our investigation, it became clear that the waste codes, in particular, had to be further differentiated; proposals for this were made in the project. The material inventory in the elemental version has proven to be versatile. By adopting the elemental method applied in cost planning, individual structural components as well as their connection type and the possibilities for their separability can be recorded, manufacturer and product names assigned, effects on local environment and health described and recycling possibilities specified. The use of the elemental method automatically leads to a detailed specification of materials located in the building structure. This detailed specification, which is also to be used in the sustainability assessment, can be transferred to the basic material inventory for the purposes of documentation. In the case of a dynamic material inventory, the material flows of the input and output side can already be predicted in the planning phase. It is possible to update this instrument during the life cycle.

The three types of material inventories can be supplemented by information on (1) embodied impacts (for example grey energy and grey emissions); and (2) the use of natural resources. While a sufficient database exists for the former, data gaps in the latter prevent concrete implementation. It is therefore recommended to promote the development of suitable methods and data bases for recording, evaluating and influencing the use of natural resources.

The described approaches to creating material inventories were tested in collaboration with practice partners. Together with the BBSR, the case of office buildings were investigated; with the Bundesverband Deutscher Fertigbau and the member company WeberHaus, the case of prefabricated housing (single-family houses); and with the Karlsruhe Regional Council, the case of bridge construction. All practice partners brought a high level of self-interest and their own preparatory work. It became clear that the elemental material inventory is particularly suitable for providing the requested information. Beyond this testing phase, initiatives towards a concrete implementation were initiated and supported by the project. Discussions with other representatives of the construction sector revealed the possibilities of integrating the described material inventories into complex planning and evaluation tools as well as to provide support in the context of Building Information Modelling (BIM).

During the development process, it became clear that the goal and motive for the creation of material inventories should be modified. While the objective of creating and maintaining information bases on the material stock of buildings in order to support a targeted utilisation was still apparent, a strategic gap became clear: As a material inventory corresponding to the condition at the time the building's completion is generally never updated, this original inventory cannot be relied upon when planning demolition work, but rather the condition at the time of demolition is recorded and evaluated. A change in importance is taking place here. Information on the materials used is becoming a source of information for risk analysis and valuation, and tends to form the basis for evaluating the use of natural resources.

As a result of the investigations into material inventories for specific building types, the following conclusions can be drawn and recommendations made:

- There is a growing appetite amongst decision-makers and scientists as well as within industry and society at large for information on the materials used in buildings.
- In contrast to other sectors, there are currently no concrete recommendations or specifications on the form and content of material inventories specific to buildings. This represents an obstacle.
- In addition to the specifications on the uniform design of material inventories, there is an urgent need to harmonise further basic principles. This particularly applies to material/waste categories as well as the various forms of installation, connection, dismantling and separation of components.
- The demand for material-related information goes far beyond a list of installed materials. In order to generate and sustain demand for material inventories, they must offer added value in the form of additional information specific to the actor and context.
- It can be assumed that, in the years to come, the carbon footprint of buildings will be reflected in legislation and public funding. When determining a building's emission of greenhouse gases in the form of a life cycle assessment, a material inventory can be either a starting point or it can be produced as a by-product.
- While a material inventory can be seen as a stand-alone instrument/document, it should preferably be integrated into a building passport so as to document the entire life cycle.
- If material inventories are to be used in the planning stage to forecast the future production of reusable building components, recyclable materials and waste, it will be necessary to expand the information presented in environmental product declarations for modules C and D.
- Appropriate information must be provided if material inventories are to be used to describe and assess the use of natural raw materials. The meaningfulness and interpretability of data on cumulative raw material consumption (CRC) should be examined.
- Material inventories should represent the condition of the building at completion/ handover and then be updated. Until now there has been a lack of incentive and willingness to do so.

- There are various options for making the use of material inventories more binding. Examples are: (1) making it a requirement of a sustainability assessment; (2) making it a prerequisite for funding programmes; (3) including this in special services according to HOAI (German Fee Structure for Architects and Engineers).
- Future investigations should consider whether, in addition to providing details of construction methods and main building materials in the application for a building permit, an inventory of materials can and should be required in connection with a "completion notice". A prerequisite for this is that material inventories can be drawn up at practically no extra cost.
- Material inventories of classes of buildings can form the basis for regional material cadastres. This especially applies to civil engineering and underground construction works.
- As the feasibility of building-specific material inventories has been clearly demonstrated, the question now moves on to their specific purpose and realisation.

Designing material cadastres for building stocks

Material cadastres are instruments that describe the quantity and composition of materials in building stocks and their changes over time. They capture both the quantities and qualities of materials in defined spatial systems resp. regions and can be extended to detail inputs (raw materials) and outputs (waste management) as well as material-induced effects (e.g. grey emissions). The notion of space in this context encompasses regions whose layout and boundaries are oriented to the tasks and decisions of the relevant actors.

The information needs of actors are the starting point for the design of the cadastre. Beginning with a basic understanding of the potential requirements of material cadastres, the approach in the described project was to specify these needs through discussions with actors. The investigation took account of the demands of actors in waste management, of those public agencies issuing permits for buildings and resource extraction, of resource policymakers at national and municipal level as well as of those active in the building materials industry. In addition, the experience of the project staff in the fields of regional raw materials, waste management and regional and urban planning was also taken into account. It could be determined that actors have an urgent need for diverse forms of information. In particular, there is a demand for data on various categories of building materials, raw materials, waste fractions and secondary materials. These must be classified in different ways, down to the level of individual pollutants. Spatially, such categories relate primarily to the regional and municipal level and to the dynamics of stock changes, i.e. to material flows. The focus is not only on the materials themselves but also on information needs directly related to the building stocks that initiate material flows.

These deliberations provided the framework for an analysis of suitable methods to create material cadastres. In particular, the bottom-up approach of material flow analysis (MFA) based on material indicators was deemed particularly suitable for generating corresponding information at the regional resp. stock level. MFA makes use of building typologies to extrapolate material quantities using building-specific material indicators, so-called material composition indicators. In principle, the dynamics of material flows can also be modelled by mapping and forecasting the changing stock indirectly by means of population-related parameters, or the simulation of dynamics using statistical methods under consideration of account lifetimes or survival functions.

Appropriate base data is needed to apply the methods. In particular, statistics on construction activity and data from existing geodata products can be used as sources. The former are particularly suitable for capturing residential building stocks, while geodata is more useful for capturing non-residential buildings. Such forms of data should be viewed critically in regard to reliability over time. For example, gaps are certain to exist due to demolished buildings yet may be hard to deduce from the data. Therefore, it is indispensable to combine the above-mentioned statistical data and geodata as well as to supplement these with suitable assumptions to enable the plausible mapping of building dynamics.

Information on building material flows is available in the form of statistics on construction activity or waste generation. However, this in no way meets the requirements of material cadastres. One solution in this bottom-up MFA approach is to make use of material composition indicators (MCIs) for various building types. Available MCIs from the literature or from public databases usually indicate the type and quantity of building material used in representative building types. This is the starting point for the system developed here. The material characteristics are then further differentiated under consideration of the superordinate defined material categories in such a way that these can be directly converted into raw materials (considering building material recipes), waste categories (by allocation and further differentiation of the waste categories) and grey emissions (by integrating life cycle assessment datasets). This results in a stringent proposal for material cadastres that meet the information needs of actors along different parts of the value chain while also providing an interface for material categories, which can be taken up and further specified by means of building-specific material inventories.

On the basis of these principles, material cadastres were concretised and tested on two case studies, namely the city of Hamburg and the district of Meißen (representing a more rural region). Three topic-related forms of use of the cadastre were developed together with the actors: the development of municipal strategies for closing material cycles, the planning of raw material requirements as well as the determination, evaluation and influencing of material-induced emissions as a contribution to climate protection. It became clear that the information generated through material cadastres is particularly useful in supporting strategic tasks. Further, municipal actors' scope of action can be differentiated along building sub-stocks, which can also be reflected in the cadastres. Thirdly, it was determined that the information instrument of the cadastre is most effective when systematically integrated into the process of strategy development and discussion. In this way it can serve as a basis for more general simulations such as the development of the building stock, here aimed at conserving raw materials and protecting the climate.

The resulting recommendations for the establishment of regional material cadastres in municipalities and regions are:

- The most suitable method to create a material cadastre is bottom-up MFA featuring the modules: building stock, material composition indicators and dynamics.
- A suitable typology should be used to map building stocks by considering forms of use, construction methods and the decision-making scope of actors, e.g. buildings owned by the municipality (e.g. schools).
- Statistical data and geodata must be combined to correctly map building stocks and dynamics. Suitable reference parameters are usable floor space and gross volume.

- Generally, it is necessary to consider likely trends. To ensure that information is disseminated, approaches to mapping dynamics should be kept as simple as possible, based on existing local models of stock updating or on clearly communicable acceptance frameworks.
- As a matter of principle, material composition indicators should reflect relevant material categories along the value-added chain at a level of detail compatible with existing instruments (e.g. mineral planning) or established categories (e.g. waste codes). References to climate-relevant emissions should be provided.
- Material cadastres should be actively integrated into decision-making processes. These are often cross-sectoral and strategically oriented, and do not follow fixed routines. Such integration demands a high degree of flexibility from the cadastre. This can be ensured by a clear modular structure and a wide range of possible typologies and material composition indicators.
- Material cadastres for building stocks only cover about half of regional material stocks and flows. Many actors require information not just on building stocks but also on material flows related to infrastructure. Regional material cadastres should therefore be supplemented by the infrastructure sector. With regard to non-metallic mineral materials, roads and paths are of particular interest to actors at city or regional level. Such an expanded material cadastre is easy to create using the mix of statistical data and geodata proposed here as well as the method of bottom-up MFA.
- The establishment of material cadastres and their integration into decision-making processes is a demanding task that requires expertise outside the remit of public authorities. Hitherto, scientists have provided such expertise. In the longer term, however, it should be examined to what extent processes can be consolidated, for example by setting up a corresponding range of services.
- Currently, municipal or regional authorities do not always perceive the need for a knowledge base on local material stocks and their trends. In most cases, the usefulness of the information is only recognised when actually available and actionable. It is therefore recommended to seek out suitable funding structures for the establishment of regional material cadastres.
- The achievable level of detail of regional material cadastres is limited, in particular by the specification of building typologies. This can restrict the general applicability of material cadastres.
- The cadastre helps to describe stocks and to depict their dynamics in a simplified way. Clearly, it is not an adequate tool to understand changes in the building stock as shaped by socio-technical systems in their entirety or the resulting dependencies. However, it offers a comprehensive and solid informational basis for the application of more precise methods, e.g. scenarios to forecast likely changes or methods used in action and transformation research.

Material cadastre and material inventory as a comprehensive concept

Regional material cadastres for building stocks and material inventories for individual buildings have specific strengths which help to promote the closed loop concept in planning and construction. The advantage of regional material cadastres for building stocks lies in the integration of planning tasks. Sectoral planning tasks are related to each other along material flows, resulting in a clear potential for recycling. This serves to concretise implementation strategies for the recycling of material flows in the existing building stock. The prime use of material cadastres are thus as informational instruments for the strategic planning processes of private and public actors at regional level and in relation to sub-areas of the building stock. The particular applications of material inventories are to support decisions on the construction of buildings, on building management as well as for the modernisation and deconstruction plans in relation to individual building.

Potential synergies can be achieved by combining the material cadastre and material inventory into an integrated information management system. One central prerequisite for this is the compatibility of the various formats, typologies and designations of raw materials, building materials, waste categories, building components, and construction methods, types of building use and building age classes as well as location information. On this basis, a number of overlaps can be concretised and exploited:

- By providing data on building types and reference buildings, material inventories can contribute to an improved empirical database for the compilation of material cadastres. In the proposed basic version, the material inventory contains information on region-specific construction methods as well as component-related specifications, on the basis of which strategically oriented simulations of potential changes (e.g. low-CO2 construction methods) can be carried out. In selected cases, elemental material inventories allow a risk assessment of the level of pollutants of individual material groups. Information on the separability of layers and the associated allocation to waste categories helps to estimate more precisely the potential of specific building material processing and the recycling of building materials. In addition, dynamic material inventories, which are updated throughout the life cycle, will reflect changes in material composition and properties resulting from previous building refurbishment cycles. This makes it possible to identify and quantify important groups of materials that were introduced after the construction of buildings or to forecast the proportion of materials released by deconstruction that cannot be used in new construction.
- An approach that has been little discussed in Germany to date is the updating of regional material cadastres by recording actual construction activity. Here there are two prerequisites. *Firstly*, the creation of material inventories covering entire regions. In the medium term, it can be assumed that essential conditions for this are already met: The compilation of material inventories at virtually no extra cost due to the advancing sustainability assessment with life cycle assessment, the use of planning aids up to BIM, sufficient public interest due to a rising awareness of resource scarcity and the impact of climate change, and an added value recognisable to building owners in the form of higher valuations and lower mortgage rates through proof of the environmental and health compatibility of the materials used. *Secondly*, the central collection and evaluation of material inventories.

- This requires the process of data transfer to be designed and the technical data protection requirements to be created. The establishment of simple reporting and registration structures should be a medium-term objective. Here it is important to consider the diverging views on data protection of different countries. For example, with the aim of advancing the public interest, centralised energy certificate databases have been set up in Austria while in Finland concepts are currently being discussed for a nationwide digital system of model "twin" buildings.

In summary, it can be stated that material inventories not only contribute to intelligent decision-making on the life cycle of buildings aimed at conserving resources and recycling materials; they also provide data to support strategic planning processes at the framework level, which can be compiled in regional material cadastres. Their application contributes to a stronger social perception of the importance of buildings as consumers of raw materials and building materials but also as repositories of essential materials, thereby helping to secure much needed raw materials at the regional level. The resulting awareness of the problem is a prerequisite for creating building designs that can facilitate climate-friendly on-site recycling, realising these in planning and funding instruments as well as actually implementing such designs.

1 Einführung

1.1 Kontext

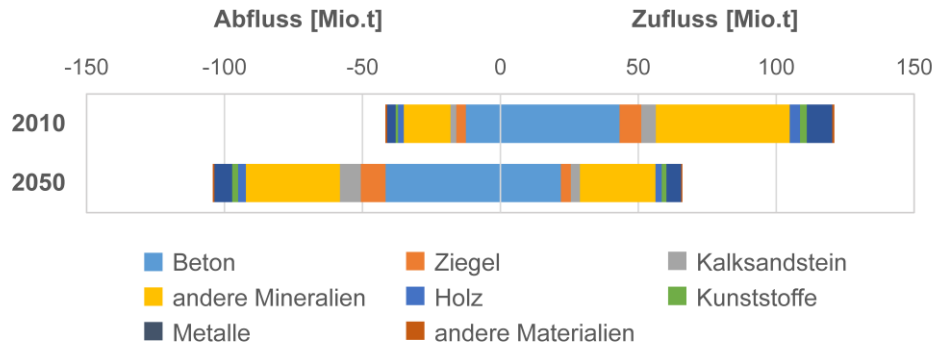
In langlebigen Gütern wie Gebäude, Infrastrukturen, Konsum- und Produktionsgüter sind enorme Mengen an Materialien gebunden. Diese Materialien stellen das anthropogene Materiallager einer Gesellschaft dar. Langlebig wird üblicherweise mit einer Lebensdauer größer als ein Jahr definiert (Mayer et al. 2018).

Das anthropogene Materiallager wird maßgeblich von der gebauten Umwelt bestimmt. Über 90 % des anthropogenen Materiallagers findet sich in Gebäuden und Infrastrukturen, wobei nichtmetallische Mineralien den Hauptanteil ausmachen (Schiller et al. 2015) (im Folgenden als mineralische Materialien bezeichnet).

In Deutschland werden die meisten Materialien verwertet, die aufgrund von Abbruch oder Renovierung den Bauwerksbestand verlassen. In Sachsen lag beispielsweise die Verwertungsquote mineralischer Bau- und Abbruchabfälle im Jahre 2010 bei nahezu 99 %. Allerdings wurden lediglich 35 % davon recycelt, der Rest wurde in übertägigen Abbaustätten oder im Deponiebau verwertet (Schiller et al. 2016). Diese Fraktionen lassen sich in der Regel nicht mehr für die Kreislaufwirtschaft zurückgewinnen. Für die Schließung von Materialkreisläufen gibt es damit noch ein erhebliches Potenzial.

Studien zum Gebäudebestand und seiner Dynamik in Deutschland unterstreichen die Bedeutung des vorhandenen Materiallagers und seine Relevanz als „Ressource der Zukunft“. Der Materialbestand in Gebäuden beträgt derzeit 186,6 t/Kopf (Schiller et al. 2015) und wächst weiter. Das Verhältnis zwischen Zu- und Abfluss im Jahr 2010 betrug 3:1. Diese Entwicklung setzt sich jedoch nicht fort. Nach Berechnungen von Gruhler und Deilmann (2016) wird sich das Verhältnis im Jahr 2050 umkehren (1:1,6). Darüber hinaus verschiebt sich die Zusammensetzung der Materialflüsse (Abbildung 1).

Abbildung 1 Materialflüsse im deutschen Gebäudebestand 2010 und 2050



Quelle: nach Schiller et al. 2019a

Die zunehmenden abgehenden Materialflüsse erfordern die Aufmerksamkeit stärker auch auf bestehende Gebäude und abgehende Materialflüsse aus Gebäudebeständen zu richten. Es stellen sich die Fragen, wie Gebäude langfristig ressourceneffizient genutzt werden können und inwieweit sich Bestände so bewirtschaften lassen, dass möglichst geringe Mengen an Primärrohstoffen in Anspruch genommen werden. Das Verlangsamen von Kreisläufen durch längere Nutzungsdauern sowie das Schließen von Materialkreisläufen durch Recycling sind geeignete Ansätze hierfür. Darüber hinaus erhöht sich im Zuge der Klimadiskussion die Aufmerksamkeit gegenüber materialinduzierten „grauen“ Treibhausgasemissionen, die im Zuge

der Herstellung von Baumaterialien zur Verwendung bei Neubau-, Erhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen entstehen.

Vorhandene Recycling(RC)-Potenziale bleiben bisher weitgehend ungenutzt. In Deutschland wird nur ein Bruchteil der Betonzuschlagstoffe durch RC-Zuschlagstoffe ersetzt (Müller et al. 2017). Schiller et al. (2010) sprechen von einem Anteil von 2 %. Deutlich mehr ist möglich. Ca. 50 % des Abflusses von Beton und Ziegelsteinen können unter Berücksichtigung von Verarbeitungsverlusten zu hochwertigen RC-Aggregaten verarbeitet werden. Bei der Betonherstellung können bis zu 45 % der Zuschlagstoffe durch RC-Aggregate ersetzt werden (Bimesmeier et al. (2020)). Voraussetzung ist ein hohes, kontinuierliches Qualitätsmanagement vom Abbruch bis zur Beimischung (Schiller et al. 2017a).

Für bestimmte Materialien sind in Zukunft Engpässe zu erwarten. So wurde beispielsweise Gips bisher weitgehend aus Reststoffen der Abgasreinigung in Kraftwerken gewonnen. Mit dem Ausstieg aus der fossilen Energie wird diese Quelle versiegen. Gips eignet sich jedoch sehr gut für das Recycling, wenn er gezielt aus dem Bauabfall-Massenstrom gewonnen wird. Engpässe können auch indirekt entstehen. Dies gilt z. B. für Gesteinskörnungen, die als Zuschlagstoffe in Beton verwendet werden. Die Gewinnung dieser Materialien führt zu Veränderungen in der Landschaft und ist mit kostspieligen Rekultivierungsmaßnahmen verbunden. Die Suche nach geeigneten Abbaustandorten stößt zunehmend auf Akzeptanzprobleme.

Bisher wurde Bauschutt auch für die Verfüllung verwendet, was gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz neben Recycling und Deponiebau eine Art der Abfallverwertung darstellt und mit in die Berechnung der Verwertungsquoten eingeht (s. o.). In Deutschland wird dies durch verschärfte Vorschriften immer schwieriger. Die Ersatzbaustoffverordnung, die Teil der Mantelverordnung ist, fordert einen verbesserten Boden- und Gewässerschutz bei der Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen und wirkt einschränkend auf die Zulässigkeit der Verwertung mineralischer Bau- und Abbruchabfälle insbesondere durch Verfüllung von Tagebauen[1]. Damit wird der Druck auf Deponien zunehmen, wenn es nicht möglich ist, das Recycling weiter auszubauen (Schiller et al. 2017a)

Das Recycling auszubauen und vorhandene Recyclingpotenziale zu nutzen, erfordert die gemeinsame Anstrengung aller, die diese Materialströme beeinflussen - vom Investor und Bauherrn des einzelnen Gebäudes bis hin zu den Verantwortlichen für die Abfallwirtschaft, der Abfall- und Baustoffindustrie sowie Akteuren mit Verantwortung für nachhaltigkeitsorientierte Querschnittsaufgaben. Fehlende Informationen behindern bislang die effektive Umsetzung des Konzeptes der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Effektiv im Sinne dieses Vorhabens werden Informationen dann, wenn Sie unmittelbar in Entscheidungen der Akteure eingehen. Zwar gibt es Konzepte wie den Gebäudepass (Miller und Lützkendorf 2016) und Materialkataster (Kleemann et al. 2016), die Informationen über Gebäude und Gebäudebestände liefern. Eine direkte Anknüpfung der Informationsinstrumente an Informationsbedarfe der „Praxis“ wird hierbei jedoch nur unzureichend berücksichtigt.

Das Projekt Kartierung des Anthropogenen Lagers IV (KartAL IV) konzentriert sich auf diesen Aspekt. Es reiht sich in eine vom Umweltbundesamt initiierte Serie von Projekten ein, die sich

[1] Im September 2017 hatte der Umweltausschuss des Bundesrates die Vertagung der Mantelverordnung beschlossen. Nach Überarbeitung wurde diese im März 2020 in einem Referentenentwurf vom Bundesumweltumweltministerium vorgelegt. Eine Verabschiedung ist bislang nicht erfolgt (Stand August 2020)

verschiedenen Themen im Zusammenhang der Kartierung und Bewirtschaftung des anthropogenen Materiallagers Deutschlands widmen. Bislang sind Größe und Zusammensetzung des anthropogenen Rohstofflagers untersucht (KartAL I; Schiller et al. 2015) sowie eine Datenbank und ein Rechenmodell für Material- und Güterströme entwickelt worden (KartAL II; Hedemann et al. 2017). Aktuelle Forschungsaktivitäten bauen hierauf auf und untersuchen Hemmnisse für effektivere Lösungen einer Sekundärrohstoffwirtschaft (KartAL III). Die Überwindung dieser Hemmnisse soll Grundlagen für ein verbessertes Stoffstrommanagement schaffen.

1.2 Aktuelle Herausforderungen und Ziele in Bezug auf Ressourceneffizienz im Baubereich

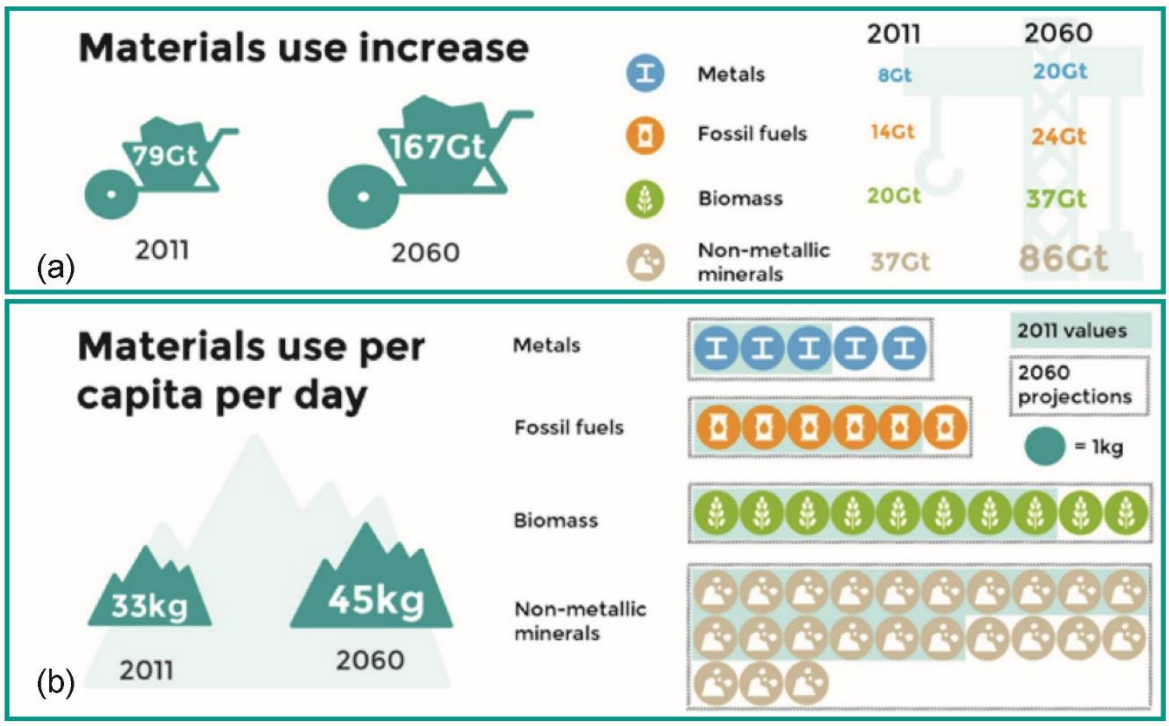
1.2.1 Globale Herausforderungen Ziele

Die Verknappung von Ressourcen, hier auch im Sinne einer zunehmenden Erschöpfung der Lagerstätten natürlicher Rohstoffe und Gefährdung der Regeneration nachwachsender Rohstoffe, ist ein Megatrend (BMU 2008). Trotz großer Anstrengungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz wird die Inanspruchnahme von Ressourcen auch und insbesondere im Zusammenhang mit weiteren Megatrends, wie z. B. Urbanisierung, international noch anwachsen.

Abbildung 2 stellt dies in absoluten Größen und pro Kopf der Weltbevölkerung dar.

Industrienationen wie Deutschland rangieren deutlich am oberen Ende der Skala – eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes berichtet für Deutschland bereits für 2018 einen Rohstoffkonsum von etwa 44 kg pro Kopf und Tag (Lutter et al. 2018). Neubau- und Umbaumaßnahmen bei Gebäuden führen zu einer stetig wachsenden Nachfrage nach Rohstoffen. Insbesondere die Verknappung nicht erneuerbarer Rohstoffe gefährdet jedoch die Zukunftschancen künftiger Generationen und steht damit im Wiederspruch zu den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung. Die natürlichen Ressourcen sind ein wesentliches Schutzgut, ihre Schonung ist ein bedeutendes Schutzziel.

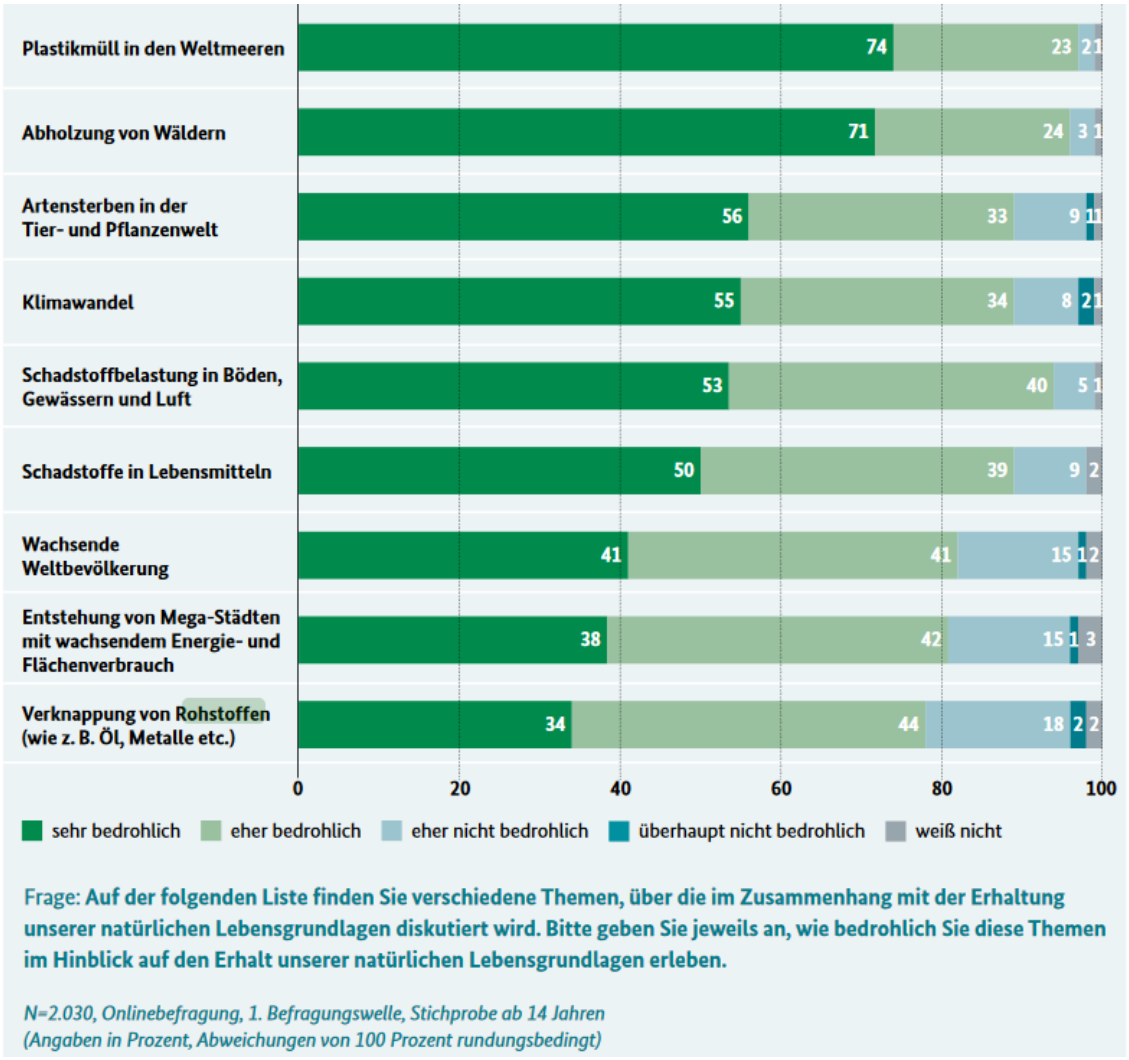
Abbildung 2 Entwicklung des weltweiten Materialverbrauchs (a) und des Materialkonsums pro Kopf (b)



Quelle: OECD (2018), Buchstaben (a) und (b) durch Autoren eingefügt

Obwohl der Schutz des Klimas als Teil des Ökosystems und die Schonung von Ressourcen gleichberechtigte Ziele in der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit sind, bestehen große Unterschiede im Bereich Problemwahrnehmung und Problembewusstsein. Lange Zeit stand das Thema der Ressourcenschonung im Schatten der Diskussionen um die Notwendigkeit von Klimaschutz und Klimaanpassung im Kontext der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen innerhalb planetarer Grenzen. Hinweise darauf liefern sowohl die untergeordnete Bedeutung der Ressourcenproblematik bei der Wahrnehmung von Umweltrisiken in der deutschen Bevölkerung – siehe auch Abbildung 3 – als auch das völlige Fehlen von Hinweisen auf die Notwendigkeit der Schonung von Ressourcen auf der ersten Ebene der international anerkannten Nachhaltigkeitsziele (SDGs). Auf der Ebene der Teilziele und Indikatoren ergeben sich dennoch Bezüge zur Thematik im Bereich des SDG 12 Responsible Consumption and Produktion sowie des SDG 11 Sustainable Cities and Communities. So fordert das Teilziel 12.2 ein nachhaltiges Management und die effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen und schlägt als Indikator den „material footprint“ vor. Gleichzeitig wird mit Teilziel 12.5 die Verringerung der Abfallentstehung angeregt, in Kombination mit dem Indikator Recycling-Rate. Im SDG 11 wird auf die Notwendigkeit ressourceneffizienter Gebäude unter vorrangiger Nutzung lokaler Materialien eingegangen (Teilziel 11.c mit Indikator 11.c.1).

Abbildung 3 Wahrgenommene Bedrohungen durch Umweltrisiken



Quelle: nach Scholl et al. 2017, S. 18

Diese Situation beginnt sich erst allmählich zu verändern. So hat z. B. das Umweltbundesamt den wichtigen Zusammenhang zwischen Klimaschutz und Ressourcenschonung herausgearbeitet (Purr et al. 2019)(Günther et al. 2019). Es wurden nationale Ressourceneffizienz- und Abfallvermeidungsprogramme erarbeitet und weiterentwickelt. Die Europäische Kommission hat mit Initiativen im Kontext einer circular economy wichtige Weichen in Richtung einer stärkeren Beachtung von Prinzipien eines kreislauforientierten Wirtschaftens gestellt. Es kann damit davon ausgegangen werden, dass sich das Thema der Ressourcenschonung in den politischen Zielen fest etabliert hat.

Hinsichtlich der Umsetzung der politischen Ziele gibt es im Vergleich zum Thema Klimaschutz erhebliche Unterschiede. Das hat verschiedene Gründe. Das Thema der Ressourcenschonung ist komplex. In die Erfassung und Bewertung der Ressourceninanspruchnahme fließen unterschiedliche Aspekte ein, darunter (1) die Knappheit, (2) die aus Abbau und Aufbereitung resultierenden Folgen für die lokale Umwelt, (3) die mit Abbau und Aufbereitung einhergehenden Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen sowie Auswirkungen auf die globale und lokale Umwelt, (4) Fragen der Einhaltung von Umwelt- und Sozialstandards bei Abbau, Aufbereitung und in den Lieferketten. Diese Vielschichtigkeit erschwert bisher eine praxisgerechte Erfassung und Bewertung der Ressourceninanspruchnahme.

In nationalen Statistiken zur Rohstoffproduktivität wird der Einsatz primärer Rohstoffe mit dem Raw Material Input (RMI) rein massebezogen erfasst. Im Bereich der Ökobilanzierung liegt zwar mit dem Abiotischen Ressourcenerschöpfungspotenzial $ADP_{elements}$ ein Summenparameter als Wirkungskategorie vor (Giegrich et al. 2016), konnte sich aber bisher im Baubereich nicht durchsetzen. Ursachen sind Probleme im Umgang mit Massenbaustoffen. Ergänzend zu einer Betrachtung der Rohstoffinanspruchnahme wurden und werden Nachhaltigkeitsaspekte im Zusammenhang mit den Prozessen der Gewinnung und Aufbereitung diskutiert und führen zu den Ansätzen eines responsible sourcing (ecovadis o. J.). Es bleibt abzuwarten, ob und inwieweit sich derartige Ansätze etablieren und operationalisieren lassen. Versuche einer Erfassung und Bewertung der Ressourceneffizienz im Sinne der Beurteilung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses reichen bis zu den Ansätzen der Ermittlung der Materialintensität und der Bewertung der Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS) (Ritthoff et al. 2002) zurück. Probleme einer angemessenen Erfassung von Aufwand und Nutzen sind dabei auch weiterhin nicht befriedigend gelöst.

Neben methodischen Problemen besteht ein Problem in der Diversität von Ansätzen und Teilstrategien. Diese reichen von einer starken Betonung der Notwendigkeit des Schließens von Stoffkreisläufen (mit bisher nicht ausreichenden Hinweisen auf die Vorteile ihrer Verlangsamung) über Forderungen zum stärkeren Einsatz von Recyclingprodukten (ohne exakte Definition und Abgrenzung) bis hin zu den Konzepten eines Urban Mining sowie der nationalen Ressourceneffizienz- und Abfallvermeidungsprogramme. Aus Sicht der Verfasser dieses Berichtes fehlt es jedoch an einer schlüssigen Verbindung zum eigentlichen Ziel aller Aktivitäten – der Schonung der natürlichen Ressourcen durch eine reduzierte Inanspruchnahme primärer Rohstoffe. Die im Vergleich zum Thema Klimaschutz erkennbare Vielfalt von Einzelaktivitäten an unterschiedlichster Stelle der Wertschöpfungsketten im Bau- und Immobilienbereich inkl. vor- und nachgelagerter Prozesse hat einen negativen Einfluss auf die Problemwahrnehmung und entsprechende Handlungsbereitschaften.

Die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung des Aufwands an Primärrohstoffen ist eine Managementaufgabe. Eine Voraussetzung ist das Vorhandensein geeigneter Ziele, Kriterien, Methoden, Informationen, Hilfsmittel für die Erfassung und Bewertung, Formate für einen Datenaustausch entlang von Wertschöpfungsketten und zwischen Akteuren sowie von praxisgerechten Instrumenten. Dem Versuch einer Bewertung der Ressourceneffizienz sollte stets ein Beitrag zum Ressourcenmanagement durch die Abbildung und Analyse von Stoffströmen und ihrer Folgen vorangestellt werden. Bisher reichen die Anreize bei vielen Akteuren nicht aus, sich unmittelbar mit Fragen der Ressourceninanspruchnahme zu befassen. Häufig lässt sich der Einsatz an Material nicht bis zum Verbrauch von Ressourcen rückverfolgen. Die Herausforderung besteht darin, bei Akteuren ein Interesse an der Thematik zu wecken und gleichzeitig die benötigten Voraussetzungen, Grundlagen und Hilfsmittel zur Unterstützung eines Ressourcenmanagements und für eine Integration der Bewertung der Ressourceneffizienz in Entscheidungsprozessen zu schaffen. Ein im Projekt KartAL IV verfolgter Ansatz besteht darin, Fragen der Ressourceninanspruchnahme mit weiteren, bereits etablierten Zielen und Erfolgsfaktoren der Akteure sowie mit nachhaltigkeitsorientierten Planungsaufgaben zu verbinden.

1.2.2 Nationale Ziele in Deutschland im Kontext von Ressourceneffizienz im Baubereich

Das Thema Ressourceneffizienz wurde und wird in Politik und Wissenschaft intensiv diskutiert. Im Sinne der Bereitstellung von Grundlagen, der Beschreibung des politischen und wissenschaftlichen Umfelds sowie zur Ableitung grundsätzlicher Anforderungen an Materialinventare und Materialkataster werden nachstehend aktuelle Themen und Trends im Themenbereich der Ressourceneffizienz im Baubereich vorgestellt und reflektiert. Neben der

Verminderung des Ausstoßes von Treibhausgasen besteht derzeit eine der wichtigsten Anforderungen an eine nachhaltige Wirtschaftsweise in einer zunehmend geringen Entnahme nicht-regenerativer Ressourcen aus der Umwelt. Insbesondere müssen dem Nachhaltigkeitsmanagementkonzept der Bundesregierung zufolge „*zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen […] Stoffkreisläufe so schnell wie möglich geschlossen bzw. in Einklang mit ökosystemischen Prozessen und Funktionen gebracht werden. Hierfür […] sind nicht-erneuerbare Naturgüter (wie z. B. mineralische Rohstoffe oder fossile Energieträger) so sparsam wie möglich zu nutzen*." (Bundesregierung 2020a, S. 1 Pkt. 3) Dies ist vor allem dadurch zu erreichen, dass Rohstoffe effizienter genutzt sowie Stoffkreisläufe geschlossen und verlangsamt werden. Das Ziel einer Verlangsamung der Stoffkreisläufe steht häufig weniger im Fokus. Das Führen von Stoffen im Kreislauf verursacht jedoch auch einen Aufwand an Energie und Ressourcen und führt z. B. zu Transporten. Die Sicherung einer langen Nutzungsdauer von Bauwerken durch ihre Anpassbarkeit und Umnutzungsfähigkeit sowie die Weiternutzung vorhandener Bausubstanz und damit des vergegenständlichten Aufwands an Energie und Ressourcen sowie der vergegenständlichten Umweltwirkungen (embodied impacts), darunter graue Emissionen, im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen ist eine wichtige Strategie zur Reduzierung der Inanspruchnahme primärer natürlicher Rohstoffe.

Nationale Nachhaltigkeitsstrategie

In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (BMU 2017) wurde bereits im Jahr 2002 das Ziel einer Verdoppelung der Rohstoffproduktivität bis 2020 (ggü. 1994) formuliert (BMU 2012). Dieser Indikator ergibt sich aus der Summe aus Bruttoinlandsprodukt und den Importen, geteilt durch den Primärrohstoffeinsatz (UBA 2018d). Die Gesamtrohstoffproduktivität ist von 2000 und 2010 im Durchschnitt bereits um 1,5 % jährlich gestiegen und soll dem Deutschen Ressourceneffizienzprogramm II (ProgRess) zufolge bis zum Jahr 2030 weiter steigen (Bundesregierung 2016). Derzeit wird die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie weiterentwickelt. Die Bundesregierung wird einen ersten Entwurf der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie 2021 bis Ende September 2020 veröffentlichen (vgl. Bundesregierung 2020b).

Deutsches Ressourceneffizienzprogramm

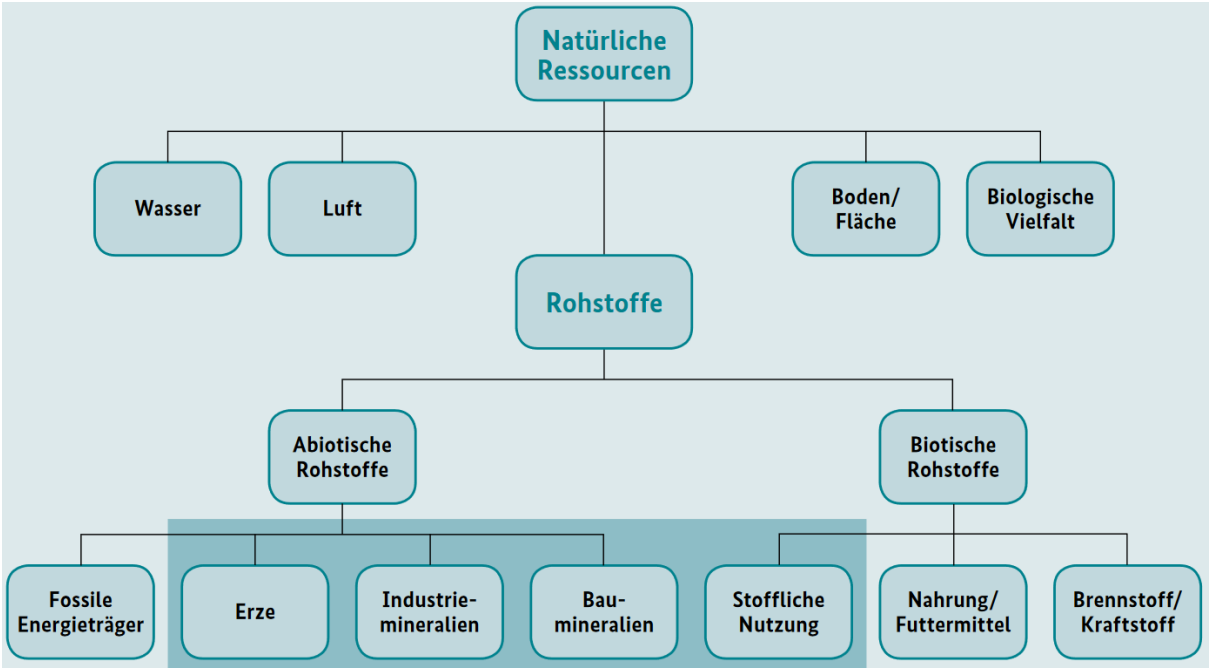
Im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) (BMUB 2012) wurden 2012 Ziele, Leitideen und Handlungsansätze zur Verbesserung der Ressourceneffizienz festgelegt. Die Entnahme und Nutzung natürlicher Ressourcen sollte dadurch nachhaltiger gestaltet, die damit verbundenen Umweltbelastungen reduziert und das Wirtschaftswachstum langfristig vom Ressourceneinsatz entkoppelt werden.

Mit ProgRess II (BMUB 2016) wurde 2016 ein Bericht zur Entwicklung der Ressourceneffizienz vorgelegt. In diesem wurden auch erstmals Energie- und Materialströme gemeinsam betrachtet, während beim ersten Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) ausschließlich Materialströme berücksichtigt wurden. Rohstoffproduktivität ist in diesem Fall als Quotient des Bruttoinlandsprodukts (BIP) je eingesetzter Tonne abiotischen Primärmaterials zu verstehen.

Der nächste Bericht ProgRess III erschien im Juni 2020 und betrachtet auch den Beitrag der Ressourceneffizienz zur Erreichung der deutschen Klimaziele sowie die Bedeutung der Themen Mobilität und Digitalisierung für die Ressourceneffizienz (BMU 2020).

ProgRess enthält u. a. Hinweise auf die zu berücksichtigenden Ressourcen und Rohstoffe, die in Abbildung 4 zu sehen sind.

Abbildung 4 Ressourcenkategorien in ProgRess



Quelle: BMUB (2012)

Aus ProgRess lassen sich damit Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit des Einsatzes an Material bis zur Inanspruchnahme natürlich Rohstoffe sowie der Herstellung von Bezügen zu materialinduzierten klimarelevanten Emissionen ableiten. Durch eine Unterteilung in die Inanspruchnahme biotischer und abiotischer Rohstoffe ergeben sich Querverbindungen zur Methode der Erfassung und Beurteilung von Materialintensitäten (Schmidt-Bleek und Klüting 1994).

Leitfaden Nachhaltiges Bauen

Der Leitfaden Nachhaltiges Bauen des heutigen Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat wurde erstmals bereits 2001 veröffentlicht, 2013 überarbeitet und richtet sich in seiner aktuellen Fassung (BMI 2019) an die beteiligten Akteure der Planung und Realisierung von Gebäuden. Die Akteure sollen damit „*unterstützt werden, ihren Einfluss auf die Nachhaltigkeit des Bauwerks zu erkennen, zu bewerten und im positiven Sinne zu beeinflussen*“ (BMI 2019, S. 7). Nachhaltiges Bauen wird in diesem Zusammenhang u. a. so verstanden, dass „*die zur Verfügung stehenden natürlichen Ressourcen bestmöglich unter den Gesichtspunkten von schonender Entnahme, effizientem Einsatz und Vermeidung von Umweltbelastungen zu verwenden*“ sind (BMI 2019, S. 9). Dies ist auf eine Verbesserung der Ressourceneffizienz gerichtet. Die Schonung natürlicher Ressourcen ist ein wesentliches Schutzziel des nachhaltigen Bauens in Deutschland. Der Leitfaden Nachhaltiges Bauen findet seinen Niederschlag im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) mit seinen Anforderungen, Bewertungskriterien und Indikatoren (BMI 2018). Weitere Bewertungssysteme wie DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)(DGNB 2020), NaWoh (Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V.)(NaWoh 2019) und BNK (Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau) (BiRN 2020)(Eßig und Nisse 2019) enthalten ebenfalls Indikatoren zur Erfassung und Bewertung der Ressourceninanspruchnahme im weiteren Sinne.

Deutlich wird, dass sich eine Erfassung der in Bauwerken verbauten Materialien zur Unterstützung sowohl der Ressourcenschonung als auch der Kreislaufführung in den Kontext der Anstrengungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz im Baubereich einordnen lässt. Es besteht ein öffentliches Interesse an dieser Thematik.

Es kann festgestellt werden, dass die Schonung von Ressourcen sowie die Verbesserung der Ressourceneffizienz im Baubereich im öffentlichen Interesse liegt und Gegenstand von Strategien, Programmen und Leitfäden ist. Die Konsequenzen und Handlungserfordernisse reichen bis tief in das Planen, Bauen und Nutzen von Einzelbauwerken hinein, aber auch in das Planen, Entwickeln und Management ganzer Bauwerksbestände.

1.3 Ziele und Forschungsfragen

Ziel des Vorhabens ist die konzeptionelle Entwicklung von Instrumenten zur Dokumentation verbauter Materialien und zur gezielten Beeinflussung von Materialflüssen im Lebenszyklus von Bauwerken sowie zur Dokumentation des Materialhaushalts von Regionen. Im Ergebnis sollen Konzepte zur Beschreibung und lebenszyklusbegleitenden Aktualisierung von Art, Ort und Menge der in Bauwerken verwendeten Materialien (Materialinventar) sowie zur Beschreibung der Materialzusammensetzung von Bauwerksbeständen und deren Veränderungen (Materialkataster) vorliegen, die mit Praxispartnern erprobt wurden. Hierzu werden folgende Forschungsfragen bearbeitet:

1. Wie sind Informationen zu Einzelbauwerken und zum Bauwerksbestand sowie Veränderungen des Materiallagers durch Bautätigkeiten zu erheben, zu strukturieren und darzustellen? Welche Informationsquellen stehen zur Verfügung und welcher Aufwand ist mit deren Auswertung verbunden?
2. Wer sind die Adressaten dieser Informationen? An welche Ziele, Interessen und Aufgaben ausgewählter Akteursgruppen kann angeknüpft werden, zu welchen Anlässen fließen Informationen zu verbauten Materialien und zum Materialfluss in Entscheidungen ein?

Es wird ein dualer Ansatz entlang von zwei Bearbeitungssträngen verfolgt: (1) Materialinventare für Einzelbauwerke und (2) Materialkataster für Bauwerksbestände und Regionen. Diese Stränge unterscheiden sich in der Maßstabsebene und weisen zugleich definierte Schnittstellen auf. Das methodische Vorgehen orientiert auf die Umsetzbarkeit der Instrumente. Dazu verfolgt das Projekt einen Fallstudienansatz unter Einbeziehung von Praxisakteuren.

1.4 Begriffe und Forschungskonzept

Mit der Zielstellung des Forschungsvorhabens ist auch der Forschungsgegenstand beschrieben. Dies sind die Materiallager in Bauwerken. Auf diese beziehen sich die informatorischen Instrumente, die konzeptionell entwickelt und erprobt werden sollen, um damit ein effektives Stoffstrommanagement für Baustoffe zu unterstützen.

Bauwerke im Sinne des Vorhabens umfassen Gebäude und Ingenieurbauwerke. Gebäude können grundsätzlich unterschieden werden zwischen Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden. Letztgenannte Kategorie kann weiter nach Nutzungsarten unterschieden werden (s. z. B. Ortlepp et al. 2016a). Unter Ingenieurbauwerken werden hier solitäre technische Bauwerke mit einem hohen Maß an standortgebundener, individualisierter Bauplanung und -ausführung verstanden, wie z. B. Verkehrs- und Infrastrukturbauten. Anlagen des üblichen Straßen- und Wegebaus werden in diesem Vorhaben nicht betrachtet.

Der Begriff Materiallager im Sinne dieses Vorhabens bezieht sich auf die Materialien, die im Bauwerk verbaut sind. Das Materiallager verändert sich durch Zuflüsse und Abflüsse. Es besteht aus unterschiedlichen Materialien.

Materiallager in Bauwerken werden auf unterschiedlichen Ebenen betrachtet. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Einzelbauwerken und Bauwerksbeständen. Das Verständnis von Einzelbauwerk ist mit dem Begriff bereits hinreichend definiert. Bauwerksbestände setzen sich aus einer Summe von Einzelbauwerken zusammen. Im Sinne dieses Vorhabens werden Bauwerksbestände betrachtet, die in einem räumlichen Zusammenhang stehen.

Die mit dem Vorhaben zu konzipierenden Instrumente werden mit dem Anspruch entwickelt, Planungs- und Entscheidungsgrundlagen im weiteren Sinne vorzuhalten. Informationen können nur dann planungswirksam sein, wenn sie die Anforderungen der Planung und Entscheidungsunterstützung erfüllen. Hierauf begründen sich Effektivitätskriterien, die leitend sind für die Ausgestaltung zu entwickelnder Instrumente.

Die unterschiedlichen Betrachtungsebenen, Einzelbauwerk und Bauwerksbestand von Siedlungen/Regionen, werden mit der konzeptionellen Entwicklung und Erprobung von

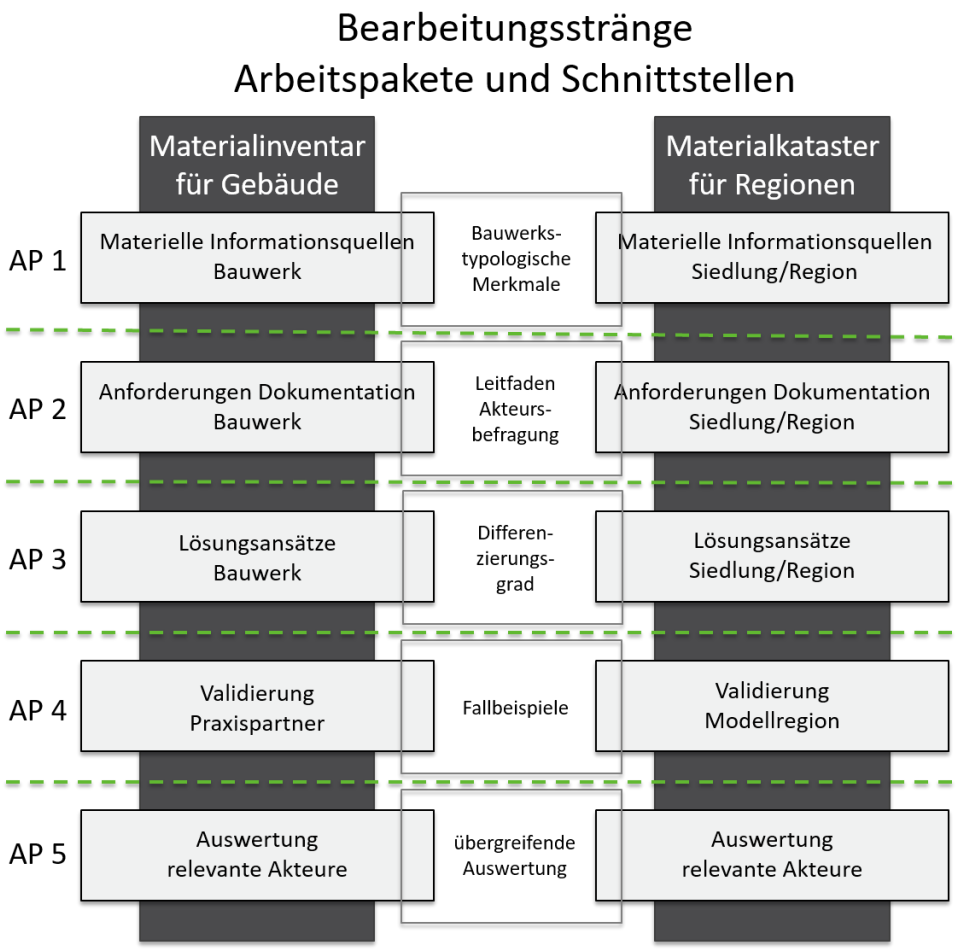
- Materialinventaren (MI) für Einzelbauwerke sowie
- Materialkatastern (MK) für Bauwerksbestände

aufgegriffen. Die methodischen und praktischen Möglichkeiten der Datengenerierung zur Erstellung eines Materialinventars und eines Materialkatasters unterscheiden sich grundsätzlich. MI und MK wurden deshalb als modulare Konzepte entwickelt. Dabei wurde ein dualer Ansatz verfolgt.

Das Vorhaben gliederte sich in fünf Arbeitspakete (Abbildung 5).

In Arbeitspaket (AP) 1 wurden Grundlagen erarbeitet, die den Stand des Wissens bzgl. relevanter Datenquellen und Methoden zusammenstellen. In AP 2 wurden Adressaten identifiziert und deren Informationsbedarfe analysiert. In AP 3 wurden die Erkenntnisse zu differenzierten Anforderungsprofilen zusammengeführt. In AP 4 erfolgten die Erprobung und Validierung der Informationsinstrumente. In AP 5 erfolgte die Auswertung hin zu generalisierbaren, adressatenbezogenen, ausgearbeiteten Konzepten.

Abbildung 5 Duales Forschungskonzept (Strukturierung entlang zweier Bearbeitungsstränge mit jeweiligen Arbeitspaketen und definierten Schnittstellen)



Quelle: Eigene Darstellung

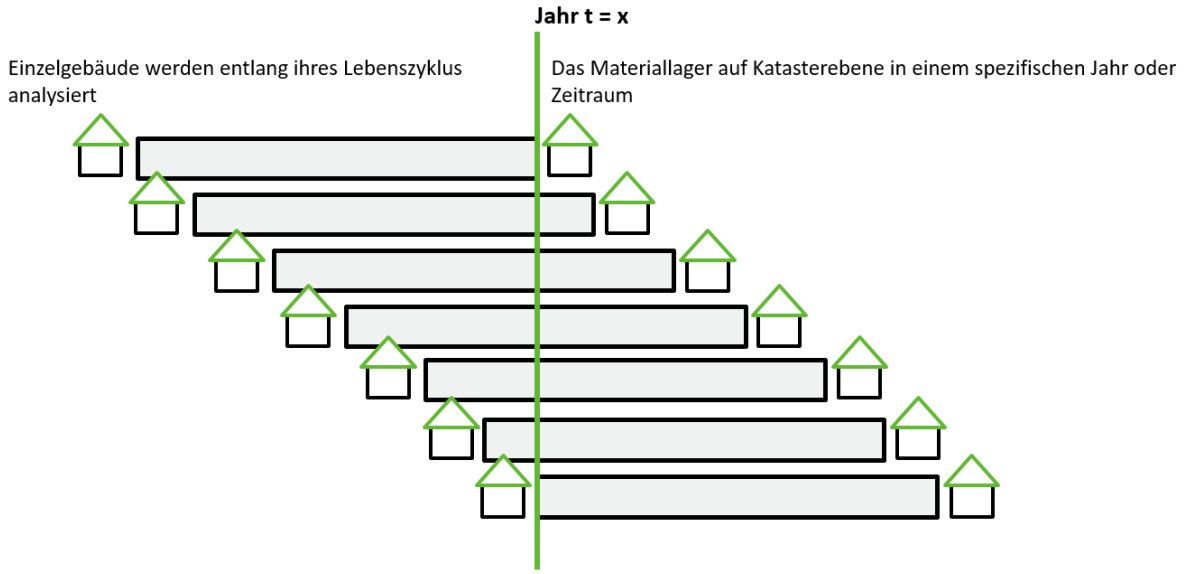
1.5 Entwicklung eines übergreifenden Lösungsansatzes

1.5.1 Handlungsebenen

Die Betrachtungsperspektive und damit verbundene Handlungserfordernisse sowie Informationsbedarfe unterscheiden sich zwischen Bauwerk und Bauwerksbeständen.

Ein Einzelbauwerk hat hinsichtlich seiner Lebens- bzw. Nutzungsdauer einen definierten Anfangszeitpunkt und ein definiertes Ende. Es wird geplant, erstellt, genutzt und verändert, bis es schließlich rückgebaut wird. Es durchläuft damit einen klar beschreibbaren Lebenszyklus (symbolisiert durch je einen waagerecht angeordneten grauen Balken in Abbildung 6). Entlang dieses Lebenszyklus treten unterschiedliche Planungsaufgaben und Entscheidungen auf, abhängig von den Ereignissen bzw. „Anlässen“, die in den jeweiligen Phasen des Lebenszyklus auftreten. Dieses Handeln und Entscheiden bestimmt Materialflüsse der entsprechenden Phase, legt aber auch Materialflüsse für zukünftige Phasen fest bzw. wird von Entscheidungen von vorausgehenden Phasen bestimmt. Materialbezogene Informationsinstrumente auf Bauwerksebene müssen diese Aspekte berücksichtigen.

Abbildung 6 Lebenszyklusorientierung für Bauwerke und Betrachtung zu Zeitpunkten für Bestände (Prinzipienzeichnung)



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Lützkendorf 2019, S. 25

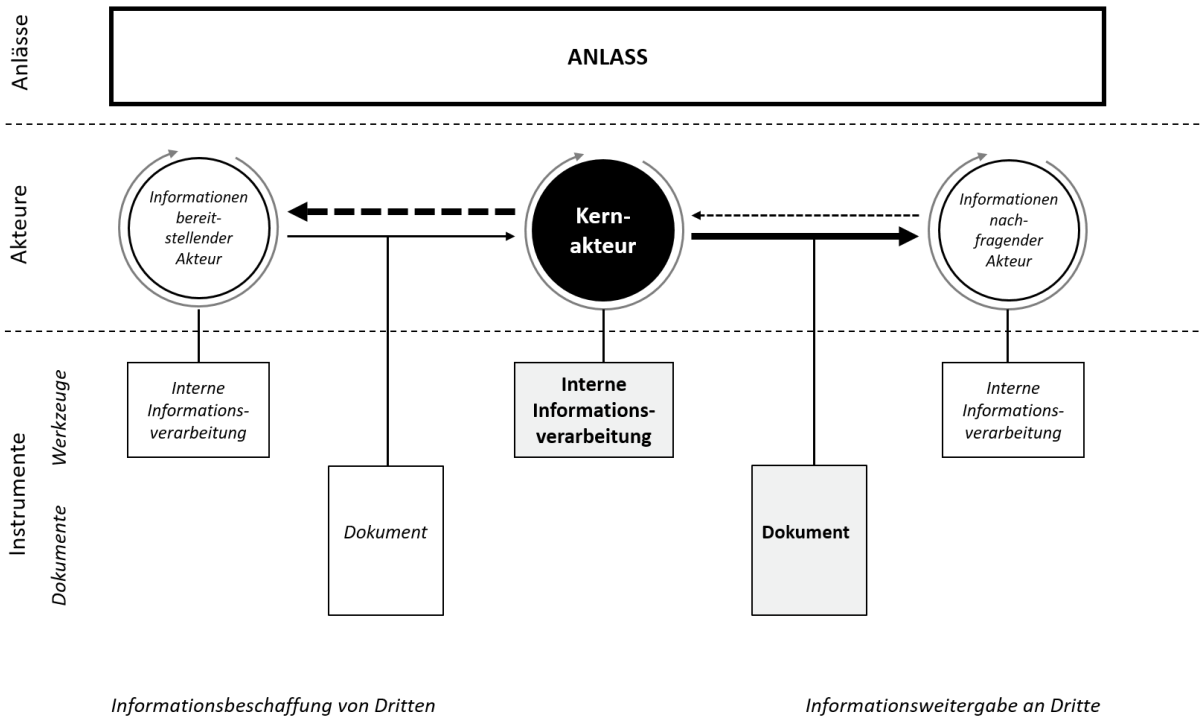
Bestände können vereinfacht als Summe von Einzelgebäuden interpretiert werden. In Beständen von Quartieren, Städten oder Regionen setzten sich Bestände aus Einzelgebäuden zusammen, die sich i.d.R. in unterschiedlichen Phasen ihres Lebenszyklus befinden. Neubau, Erhalt, Nutzung, Modernisierung und Rückbau finden als Ereignisse oder Anlässe parallel statt. Bestandsbetrachtungen stellen damit immer Betrachtungen dar, die quer zu den Lebenszyklen der Gebäude innerhalb der Bestände liegen. Entsprechend finden Entscheidungen bezüglich Neubau, Nutzung und Rückbau innerhalb von Beständen zeitgleich statt. Gleiches gilt für Materialflüsse. Hier spielen Bezüge zwischen unterschiedlichen aber zeitgleich stattfindenden Prozessen über die Einzelbauwerksebene hinweg eine Rolle. So können Materialentscheidungen beim Neubau eines Gebäudes unmittelbar von der Abrissentscheidung anderer Gebäude im Bestand abhängen, wenn es beispielsweise um die Kreislaufführung von Materialien und deren Verfügbarkeit geht. Materialkataster sind damit prinzipiell querschnittsbezogen auszurichten – unter besonderer Würdigung hieraus resultierender Informationsbedarfe von Akteuren, die an unterschiedlichen Stellen des Lebenszyklus von Teilbeständen des Gebäudebestandes handeln und Entscheidungen treffen.

1.5.2 Systematik von Akteuren, Anlässen und Instrumenten

Akteure, die an Planungsprozessen bzw. Entscheidungen beteiligt sind, die Auswirkungen auf Materialflüsse und -zusammensetzungen in Gebäuden und Gebäudebeständen haben, agieren nicht isoliert, sondern stehen in Wechselwirkungen zueinander. Die Art der Akteurskonstellationen und bestehender Wechselwirkungen inkl. eines Informationsaustauschs steht im Zusammenhang mit dem Anlass der Planung bzw. Entscheidung (z. B. Neubau eines Gebäudes oder Aufstellung eines Abfallwirtschaftsplanes). Hierbei entstehen Bedarfe an Informationen zur Entscheidungsvorbereitung und Entscheidungsunterstützung. Der Akteur kann benötigte Informationen selbst erheben oder über eine Informationsnachfrage von Dritten beziehen. Dritte können dem Akteur benötigte Informationen zur Verfügung stellen. Sie nutzen hierfür Austauschformate, z. B. in Form von Dokumenten. Erarbeitete oder erhaltene Informationen werden beim Akteur aufbereitet, interpretiert und zur Grundlage eigener Entscheidungen. Hierbei kommen spezifische Methoden und Werkzeuge zum Einsatz. Darüber

hinaus können aufbereitete Informationen zusätzlich an Dritte kommuniziert werden, soweit sie deren Informationsbedarf entsprechen. Auch hierfür werden spezifische Austauschformate z. B. in Form von Dokumenten genutzt. Im weiteren Verlauf der Bearbeitung werden Werkzeuge und Dokumente als Instrumente bezeichnet. Zusammengefasst können diese spezifischen Konstellationen als Anlass-Akteur-Instrumenten-Konstellationen bezeichnet werden (vgl. Abbildung 7). Dieses Grundkonzept dient als Orientierung zur Identifizierung und Analyse von Akteuren und deren Informationsbedarfen, und liegt explizit oder implizit den entsprechenden Analysen auf Bauwerks und Bauwerksbestandsebene zugrunde.

Abbildung 7 Informationsflüsse in der Anlass-Akteur-Instrument-Konstellation



1.

Quelle: Eigene Darstellung

1.6 Aufbau des Berichtes

Dieser Bericht ist als Ergebnisbericht konzipiert und in fünf Kapitel gegliedert. Er weicht damit von der Struktur der Arbeitspakete ab.

Kapitel 0 führt in das Thema ein und benennt übergreifende Herausforderungen im Spannungsfeld Ressourcenschonung, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft. Ziele des Vorhabens werden benannt, zentrale Begriffe geklärt und das Forschungskonzept vorgestellt. Zudem wird auf den verfolgten Lösungsansatz der anwendungsorientierten Konzeption von Materialinventaren für Bauwerke und Materialkatastern für Bauwerksbestände eingegangen. Eine wesentliche Rolle spielen hierbei die Informationsbedürfnisse von Planern und Entscheidern, die maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung von Materialflüssen von Gebäuden und Bauwerksbeständen haben. Mit Bauwerken und Bauwerksbeständen sind unterschiedliche Handlungsebenen und damit auch Informationsbedarfe verbunden, was in einer generellen Art beleuchtet wird. Die planenden und entscheidenden Akteure nehmen zu bestimmten Anlässen unterschiedliche Rollen ein und verwenden Instrumente zur Unterstützung von Planungs- und

Entscheidungsprozessen oder generieren diese. Diese Elemente stellen wesentliche, zum Teil explizit thematisierte, zum Teil implizit berücksichtigte Bestandteile des Lösungskonzeptes dar.

Kapitel 2 beschreibt wesentliche Grundlagen, auf die Konzepte für Materialinventare und Materialkataster aufbauen, und die im Zuge der Projektbearbeitung erarbeitet wurden. Diese Grundlagen beziehen sich im Wesentlichen auf „Bezeichner" im Sinne von Kategorien, welche bei der Erstellung von Materialinventaren und Materialkatastern eine zentrale systematisierende Funktion einnehmen. Dies betrifft Bezeichner unterschiedlicher Materialkategorien wie Rohstoffe, Baumaterialien, Bauabfälle und Sekundärstoffe. Zudem wird auf materialinduzierte „Graue Emissionen" eingegangen, die bei der Bereitstellung und Verarbeitung der Materialien entstehen. Bauwerke lassen sich nach Gebäude- und Nutzungsarten unterscheiden und weiter untergliedern nach Bauwerksteilen – zwei weitere Aspekte, die in Kapitel 2 mit „Bezeichnern" untersetzt werden. Die Trennbarkeit von Bauwerksteilen ist ein wesentlicher Aspekt, der die Dekomposition der in den Bauwerksbeständen, Bauwerken und Bauwerksteilen gebundenen Materialien bestimmt. Deshalb wird auch hierfür ein Systematisierungsvorschlag mit angelegt.

Kapitel 3 und 4 stellen neben den Grundlagen für die konzeptionelle Entwicklung der Instrumente Materialinventar und -kataster konkrete Anwendungsbeispiele dar.

Im Kapitel 3 wird ein Überblick über vorhandene Ansätze der Erfassung und Beschreibung der in Bauwerken verbauten Materialien gegeben.

Basierend auf EU- und deutschlandweiten Verordnungen, Strategiepapieren, Leitlinien u. ä. werden bestehende Anforderungen an den Inhalt von Materialinventaren eruiert. Zur Unterstützung der Verbreitung von Materialinventaren erfolgen eine systematische Zusammenstellung der Informationsbedürfnisse der am Bau Beteiligten sowie die Entwicklung konkreter Umsetzungsmöglichkeiten von Materialinventaren in drei Versionen. Diese werden in der Praxis mit verschiedenen Fallbeispielpartnern diskutiert und erprobt. Die Untersuchungen münden in Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung von Materialinventaren.

Kapitel 4 widmet sich der konzeptionellen Entwicklung des Materialkatasters. Dafür werden zunächst die Informationsbedarfe relevanter Akteure ermittelt. Die zu berücksichtigenden Randbedingungen für das Materialkataster werden in einem Anforderungsprofil spezifiziert. Dem folgend wird auf die Potenziale und Grenzen von Methoden eingegangen, die geeignet sind, Informationen zur regionalen Zusammensetzung des Bauwerksbestands und seiner Veränderungen zu liefern. Des Weiteren werden Datenquellen beschrieben und geprüft, die Eingangsdaten für die Modellierung des Katasters liefern können. Für Baumaterialien wird eine Gliederungssystematik entwickelt, die zu Rohstoff- und Abfallkategorien und materialinduzierten „Grauen Emissionen" anschlussfähig. Zur Erprobung des Katasterkonzeptes werden Kontextbezogene Anforderungsprofile beschrieben, die im Dialog mit Praxisakteuren entwickelt wurden und erste Machbarkeitsbetrachtungen dargestellt. Anwendungen des Katasters werden anhand von drei konkreten Fragestellungen erprobt. Abschließend werden aus den Erfahrungen Empfehlungen für den Aufbau des Katasters abgeleitet.

In Kapitel 5 wird ein übergreifendes Gesamtkonzept für Materialinventare und –kataster vorgestellt. Dabei werden die spezifischen Stärken der beiden Instrumente beschrieben, die sich gegenseitig ergänzen. Zudem werden Möglichkeiten der Zusammenführung von

Materialkataster und Materialinventar zu einem ganzheitlichen Informationsmanagementsystem aufgezeigt. So lassen sich MI Typvertreter ableiten, die Eingang in MK-Berechnungen finden können. Aber auch durch einen flächendeckenden Einsatz von MI wären Fortschreibungen von MK künftig möglich. Abschließend wird auf selbstverstärkende Wirkungen hingewiesen, die aus der Kombination beider Ansätze resultieren.

Dem Bericht sind zusätzlich Anlagen beigefügt, die einzelne Aspekte und Informationen weiter untersetzen.

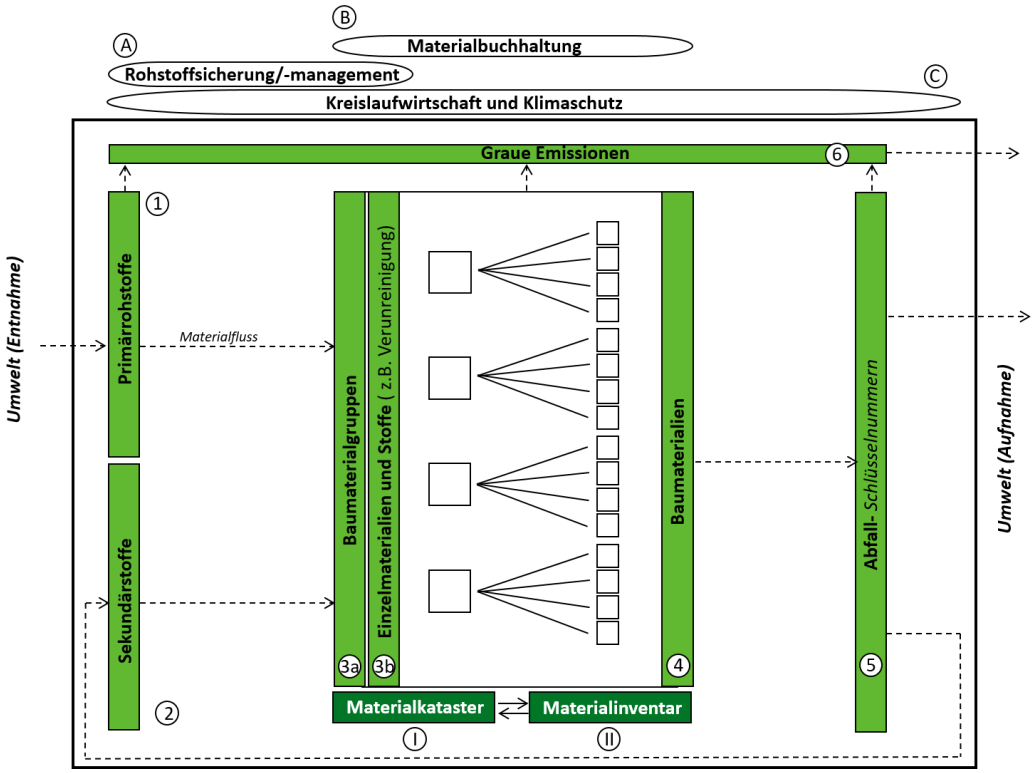
2 Kategorien und Bezeichner für materialbezogene Größen und Bauwerke

2.1 Materialbezogene Kategorien und Bezeichner[2]

Vorliegende Beschreibungen zur Baumaterialdifferenzierung sind äußerst heterogen im Grad der Differenzierung sowie in den verwendeten Bezeichnungen (Schiller et al. 2018). Sie weisen in der Regel weder Bezüge zu Rohstoffen noch zu Abfallkategorien auf. Dies sind jedoch zwei zentrale Anforderungen, welche an eine Systematik von Materialbezeichnern zu stellen sind, die anschlussfähig sein sollen an verschiedene Entscheidungssituationen im Lebenszyklus von Gebäuden und Planungsaufgaben, die damit in Bezug stehen. Kreislaufwirtschaft kann nicht losgelöst von Klimaschutz diskutiert werden. Treibhausgase gelten hier als zentraler Einflussfaktor und in der Planung und Gesellschaft anerkannter Indikator. Der direkte Bezug zu Materialien ist über graue Emissionen herstellbar, die bei der Herstellung und Bereitstellung von Materialien entstehen. Somit stellt diese Größe eine weitere hier zu betrachtende Kategorie dar.

Abbildung 8 fasst die wesentlichen Materialkategorien zusammen, für die in den nachfolgenden Ausführungen Anforderungen und Vorschläge zur Systematisierung der Bezeichner gemacht werden. Die Abbildung und der nachfolgende Text dieses Abschnitts liefern einen Überblick über die zu berücksichtigenden Kategorien. Die Operationalisierung dessen erfolgt im Detail in Kapitel 4.4.3.

Abbildung 8 Konzept für die Anwendung und Anpassung von Materialkategorien für Materialkataster für Bauwerksbestände und Materialinventare für Bauwerke



Quelle: Schiller et al. (2020 b)

[2] Kapitel basiert auf Schiller et al. (2020 b)

Das vorgeschlagene Konzept der Materialkategorien und Materialbezeichner orientiert sich an der mehrdimensionalen Ausrichtung von Materialinventaren und -katastern, die aus Informationsbedarfen der damit angesprochenen Akteure unterschiedlicher Handlungsebenen resultieren. Es dient (A) der Sicherung der Versorgung mit Primär- und Sekundärrohstoffen, (B) der Ermöglichung einer Materialbuchhaltung auf regionaler Ebene mit Hilfe des Materialkatasters (I) und auf der Ebene der einzelnen Gebäude mit Hilfe der Materialinventare (II), sowie (C) der Unterstützung von Recycling und Abfallmanagement. Zusätzlich zum Materialfluss von der Entnahmestelle bis zur endgültigen Rückführung in die Umwelt werden auch die während des Lebenszyklus der Materialien entstehenden Emissionen berücksichtigt, (6) als zentrale Informationsgrundlage für klimabezogene Entscheidungen und Planungsaufgaben.

Die Durchgängigkeit zwischen den genannten Kategorien bzw. deren Überführbarkeit ineinander wird bisher durch das Fehlen eines konsistenten Systems von "Bezeichnern" für die Rohstoffkategorien, Baumaterialien und Abfallarten behindert. Um dem zu begegnen, wird hier ein durchgängiges System von Bezeichnern vorgeschlagen.

Die „Bezeichner“ für Ressourcen bzw. Rohstoffgruppen (1) dienen der Beschreibung der Gewinnung von Rohstoffen aus der Umwelt. Sie können sowohl zurückverfolgt als auch auf die "Bezeichner“ von Materialgruppen (3a) übertragen werden, die für die Erstellung und Nutzung regionaler Materialkataster auf Grundlage bauwerksbezogener Merkmale (I) verwendet werden. Bei baustoffspezifischen Materialinventaren werden differenziertere "Bezeichner" für Baustoffe/Bauprodukte verwendet (4), denen auch Produkt- und Herstellernamen zugeordnet werden können. Zur Darstellung von Verunreinigungen und Schadstoffen können Bezeichner für einzelne Stoffe (3b) verwendet werden. Diese können auch zur Beschreibung von Risiken im Zusammenhang mit gefährlichen Stoffen verwendet werden. Die Abfallkategorien selbst werden mit Hilfe eines weiterentwickelten Systems von Abfallschlüsselnummern identifiziert, aus denen Verwertungs- oder Entsorgungswege abgeleitet werden können.

2.1.1 Rohstoffe

Nationale Berichte über die Ressourcennutzung basieren in der Regel auf der EU-weit harmonisierten Methode der gesamtwirtschaftlichen Materialflussanalyse (ewMFA) (BMLFUW/BMWFW 2015) (Lutter et al. 2018). Berücksichtigt werden die Gewinnung von Rohstoffen aus der Natur und der Import von Gütern, Veränderungen des Warenbestands innerhalb der Gesellschaft sowie die Freisetzung von Abfällen und Emissionen in die Natur oder der Export (Eurostat 2013). Prinzipiell werden hier "Materialien in Gütern" und "Rohstoffe" in Beziehung gesetzt. Allerdings wird dies in der Berichterstattung nicht immer konsequent umgesetzt. Beispielsweise werden primäre Rohstoffe (z. B. Eisenerz) genauso unter "Rohstoffe" erfasst wie verarbeitete Materialien (Eisen und Stahl) (BMLFUW/BMWFW 2015). Auch der Differenzierungsgrad dieser Methode ist begrenzt, z. B. können nur Korrelationen mit dem Bausektor insgesamt, nicht aber mit einzelnen Subsektoren, wie dem Bau von Wohn- oder Nichtwohngebäuden oder der Infrastruktur, hergestellt werden. Dies bedeutet auch, eine weitere Differenzierung nach Teilmärkten und Sektoren und den damit verbundenen Gebäudetypologien, die sich zum Teil erheblich in den verwendeten Materialien unterscheiden (z. B. Ein- und Mehrfamilienhäuser oder Fabrik- und Werkstattgebäude, Handels- und Lagergebäude, landwirtschaftliche Dienstleistungsgebäude etc.) ist nicht möglich. Auch hinsichtlich der räumlichen Differenzierung ist diese Methode begrenzt. Eine weitere Schwäche dieser Methode besteht darin, dass nur die Material- bzw. Stoffströme, nicht aber die -bestände dargestellt werden können (Schiller et al. 2017b).

Ein weiterer zu berücksichtigender Ansatz ist die MIPS-Methode. MIPS gibt – neben anderen Aspekten – die Menge der abiotischen und biotischen Ressourcen an, die für ein bestimmtes

Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung verwendet werden (Ritthoff et al. 2002). Demnach ist MIPS kein rein buchhalterischer Ansatz, sondern erhebt den Anspruch, eine ökologische Bewertung von Produkten zu liefern. Zu diesem Zweck werden bei der Berechnung der Materialintensität alle Materialien, die bei der Herstellung des Produktes bewegt werden, berücksichtigt, unabhängig davon, ob sie im Produkt enthalten sind oder nicht. MIPS ist "stoffunspezifisch". Es werden nur grobe Ressourcenkategorien, z. B. abiotische und biotische, verwendet. Es ist nicht möglich, zwischen Ressourcenkategorien zu unterscheiden, wie sie in der Rohstoffsicherungsplanung verwendet werden (z. B. Kies, Sand, gebrochener Naturstein).

Das hier vorgestellte Konzept ist konsequent auf Aufgaben der Beeinflussung von Materialflüssen durch Entscheidende und Planende mit Bezug zu Bauwerken ausgerichtet. Informationen über die Nachfrage nach Rohstoffen und deren Verwendung richten sich in erster Linie an die Akteure der Rohstoffplanung und Rohstoffsicherung. Der Ansatz folgt dem Prinzip der bottom-up-Materialflussanalyse (siehe Kapitel 4.2.1). Dies ermöglicht die differenzierte Erfassung von Baustoffen, die in Baubeständen oder einzelnen Gebäuden enthalten sind. Eine weitere Disaggregation der Materialien anhand von Rezepturen oder Stücklisten ermöglicht eine weitere Differenzierung der Rohstoffe, die den Anforderungen der Rohstoffplanung und Rohstoffsicherung gerecht wird. So kann beispielsweise anhand von Betonmengen der Bedarf an Kies und Sand und anhand von Fenstern der Bedarf an z. B. Holz und Glas ermittelt werden.

Die auf diese Weise ermittelten Mengen bleiben jedoch unvollständig, da die Rezepturen Verluste, die in Produktionsprozessen auftreten können, nicht berücksichtigen. Eine Lösung ist die Verwendung von Zuschlägen auf der Grundlage von durchschnittlichem Ausschuss und Streu- und Bruchverlusten oder durchschnittlichen Transport- und Montageverlusten.

2.1.2 Baumaterialien und Bauprodukte

Die Literatur über MFA mit Bezug auf die gebaute Umwelt bietet sehr unterschiedliche Klassifikationen für Baumaterialien an (einen Überblick gibt Schiller et al. 2018). Materialbezeichner verfolgen unterschiedliche Ansätze. Sie beschreiben u. a. Funktionen (z. B. Dämmstoff), wesentliche Eigenschaften (schwer versus leicht), Produktionsprozesse (Hochofenzement), den Einbauort (z. B. Zwischensparrendämmung/Dachdämmung) bzw. Rohstoffe und Baustoffe (z. B. PVC-Rohr, Aluminiumrahmen). In der Regel wird auf einige wenige Hauptmaterialgruppen Bezug genommen, in der weiteren Differenzierung bleibt es jedoch uneinheitlich. Verweise auf andere Kategorien (z. B. Sekundärmaterialien wie Recyclingbeton), bleiben die Ausnahme.

Die hier vorgeschlagenen Kategorien für die Kennzeichnung von Bauprodukten (Definition nach Bauprodukteverordnung - Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2011) zielen auf eine möglichst sachgerechte Zuordnung der verwendeten Rohstoffe und der nach ihrer Verwendung als Baustoffe geltenden Materialkategorien ab, wie z. B. Bau-Abfallkategorien und Sekundärmaterialien. Daraus ergibt sich die Mindestdifferenzierungsanforderung der Baustoffkategorien für die Materialbeschreibung von Gebäudetypen. In diesem Vorhaben wird dieser Ansatz im Hinblick auf die baukonstruktiven Teile von Gebäuden umgesetzt. Im Prinzip kann er auch auf gebäudetechnische Anlagen angewendet werden, und, obwohl die Wissensbasis hierfür wesentlich schwächer ist, kann auf einzelne Quellen Bezug genommen werden (Krauß und Schiller 2016) (Krauß et al. 2016).

Auf der Ebene der einzelnen Gebäude können weitere Informationen hinzugefügt werden, insbesondere hinsichtlich des Gehalts an Zusatzstoffen. Diese Informationen können den detaillierten Materialdatenblättern entnommen werden, die von den Baustoffherstellern veröffentlicht werden (ein Beispiel für ein solches Datenblatt findet sich unter Teplast 2019). Ein Bezug zu diesen Informationen lässt sich herstellen, indem zusätzlich detaillierte

Herstellernamen und Produktausführungen in Materialverzeichnissen für einzelne Gebäude erfasst und kommuniziert werden. Zusätzlich können Schadstoffgehalte und Risiken bei spezifischen Gebäudetypen aus Informationen über Bauweisen und Baualter oder aus entsprechenden repräsentativen Gebäudetypen abgeleitet werden.

2.1.3 Bauabfälle und Sekundärmaterialien

Die Zahl der MFA-Studien, die das Bauabfallmanagement unterstützen, ist beträchtlich. Hinweise auf Bauabfallkategorien werden jedoch in der Regel nicht explizit gemacht (Džubur und Laner 2018) (Wu et al. 2014). Der hier vorgestellte Ansatz nimmt diese Zuordnung vor und erweitert die Kategorien, um Bezüge mit den von den Abfallwirtschaftlern verwendeten Kategorien herstellen zu können. In der Praxis ist die Zuordnung von Baustoffabflüssen, die durch Abbruchaktivitäten verursacht werden, zu den Kategorien für Bau- und Abbruchabfälle nicht klar definiert. Dem Abfallentsorger wird ein gewisser Ermessensspielraum eingeräumt. Diesen verbleibenden Unsicherheiten wird durch klare Zuordnungen von in das Forschungsprojekt integrierten Experten mit langjähriger Erfahrung in der praxisorientierten Forschung zur Abfallwirtschaft begegnet. Es wird eine Weiterentwicklung und Differenzierung der C&D-Abfallschlüssel (Construction and demolition) vorgeschlagen, die eine bessere Einschätzung des Recyclingpotentials der Abfallfraktionen ermöglicht, zum Beispiel die Unterteilung der Kategorie "Mauerwerksabfälle" in Ziegel, Kalksandstein, Porenbetonsteine, Betonsteine, Mauerwerkssteine im Verbund mit Dämmstoffen.

Bau- und Abbruchabfälle sind nicht dasselbe wie Sekundärmaterialien. Letztere entstehen als Produkt von Abfallbehandlungsprozessen. Im vorliegenden Konzept werden diese Prozesse und die daraus resultierenden Sekundärmaterialien konzeptionell mitberücksichtigt.

Der Übergang zwischen Bau- und Abbruchabfällen zu Sekundärrohstoffen ist noch nicht zufriedenstellend gelöst. Sekundäre Ressourcen werden immer noch als Abfall betrachtet, bis sie in neuen Produkten verwendet werden. Der Hauptgrund dafür liegt in der Abfallgesetzgebung, die den Rahmen dafür bildet. Nach deutschem Abfallrecht endet der Abfallstatus eines Materials, wenn es einen Recyclingprozess durchlaufen hat. Darüber hinaus muss es einen Verwendungszweck für das Material und einen entsprechenden Markt – also eine potenzielle Nachfrage – geben. Das Material muss die entsprechenden technischen Eigenschaften aufweisen. Seine Verwendung darf nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führen (KrWG 2017). Der "Wert" eines Stoffes ist also sehr eng mit seinem Verwendungszweck verbunden, woraus sich auch Qualitätsanforderungen ergeben. Bis heute gibt es keine Vorschriften, die diese Bezüge eindeutig beschreiben, so dass sie den abfallrechtlichen Anforderungen genügen, soweit die Abfalleigenschaft nicht mehr gegeben ist. Am Beispiel der Recyclinggesteinskörnungen wird dies deutlich. Für unterschiedliche Anwendungsbereiche, wie z. B. den Einsatz in Beton (DIN EN 12620) oder Asphalt (DIN EN 13043), wurden Zertifizierungssysteme mit entsprechenden CE-Kennzeichnungen entwickelt und Normen definiert. Trotzdem verbleiben die RC-Zuschlagstoffe im Abfallregime und bleiben Abfall, bis sie in das neue Bauprodukt (Beton oder Asphalt) eingebaut werden. Nur in Einzelfällen war es möglich, abweichende Regelungen zu definieren. Dies kann am Beispiel von Gips veranschaulicht werden. Auf Initiative der Gipsindustrie ist es gelungen, Kriterien zu definieren, die das Ende des Abfallstatus von RC-Gips vor der Verwendung in der Produktion von neuen Gipsbaustoffen definieren. Dies erforderte jedoch eine enge Abstimmung zwischen der Baustoffindustrie, der Recyclingindustrie und den Regulierungsbehörden in Bezug auf eine klar definierte Anwendung. Für das System der Materialbezeichner bedeutet dies, dass Referenzen zwischen Abfallkategorien und Sekundärrohstoffkategorien als Grundlage für eine Beschreibung der Referenzen zwischen Material, Verwendungszweck und daraus resultierenden technischen Anforderungen erstellt werden müssen. Dabei können Erfahrungs- und Orientierungswerte

verwendet werden, wie sie in Studien veröffentlicht wurden, die die entsprechenden Prozesse allgemein beschreiben (Schiller et al. 2017a) (Gruhler et al. 2019). Um daraus die End-of-Waste-Kriterien abzuleiten, ist zusätzlich die Abstimmung zwischen den beteiligten Industrien und Behörden erforderlich, wie das beschriebene Beispiel Gips verdeutlicht.

2.1.4 „Graue Emissionen“

Umweltauswirkungen durch klimarelevante Emissionen können berücksichtigt werden, indem die Materialkategorien mit Prozessen aus LCA-Datenbanken verknüpft werden. Die hier verwendete bottom-up-MFA-Methode kann als Sachbilanzanalyse (LCI) nach ISO 14040, ISO 14044 (DIN EN ISO 14040:2009-11), (DIN EN ISO 14044:2018-05), (Schneider et al. 2018) interpretiert werden. Daran schließt sich die Lebenszyklus-Auswirkungsanalyse (LCIA) an, mit der die damit verbundenen Umweltauswirkungen quantifiziert werden. Damit ist es möglich, das Ziel der Ressourcenschonung mit dem Ziel des Klimaschutzes zu verbinden (Günther et al. 2019).

2.2 Bauwerksbezogene Kategorien, Bezeichner und Aspekte

2.2.1 Strukturierungsansätze für Gebäude

„Gebäude sind selbstständig benutzbare, überdeckte bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen.“ (MBO 2019, §2, Abs. 2). Sie lassen sich nach unterschiedlichen Aspekten differenzieren: der Größe (Geschosse, Nutzfläche, Rauminhalt), der Bauform (einzelnstehend, gereiht) der Nutzung (Wohnen, Gewerbe), der Konstruktion (Mauerwerk, Stahlbeton), rechtlichen Aspekten (Eigentümer, Mieter), Energiestandards (EnEV 2012, Passivhaus Standard) etc.

Diskussionen zur Übertragbarkeit von Materialkennzahlen von Gebäuden bestätigen, dass vor allem die Nutzungsart (z. B. Wohngebäude, Nichtwohngebäude, Einfamilienhaus, Fabrikhalle) und die Konstruktionsart (z. B. Mauerwerks-, Stahlbeton-, Holz- oder Stahlrahmen-Konstruktion) maßgeblichen Einfluss auf den Bedarf an Baumaterial, in Form von Menge und Art haben (Schiller at al. 2018). So werden beispielsweise in Deutschland Mehrfamilienhäuser überwiegend in Mauerwerksbauweise errichtet, was einen hohen Anteil an Mauersteinen (Ziegel, Kalksandstein) bewirkt. Für Produktionsgebäude hingegen ist eher die Stahlbetonbauweise charakteristisch, was höhere Anteile an Beton und Stahl nach sich zieht. Gleichfalls muss die Konstruktionsart mitberücksichtigt werden, denn Gebäude einer Nutzungsart können teilweise in unterschiedlichen Konstruktionen gebaut sein. So gibt es z. B. bei Mehrfamilienhäusern neben dem dominierenden Mauerwerkstyp jene, die in Holz- oder Stahlbetonkonstruktion errichtet sein können.

In Bezug auf bereits vorhandene Gebäudebestände ist neben der Nutzungsart und der Konstruktionsweise das Baujahr bzw. die Baualtersklasse, in der das Gebäude errichtet wurde (z. B. bis 1918 oder nach 1990), ein weiteres Merkmal, das Einfluss auf die Materialzusammensetzung der Gebäude hat. Dieser Zusammenhang ist insbesondere für Wohngebäude mit mehreren Wohnungen (MFH) nachgewiesen (Ortlepp et al. 2016b). So sind z. B. für die Gründerzeit 3-4-geschossige MFH mit Klinkerfassade charakteristisch und für die 1960er bis 1970er Jahre 5-6-geschossige, industriell gefertigte Gebäude in Stahlbetonbauweise. Der baualtersbezogene Einfluss trifft grundsätzlich auch für Einfamilienhäuser zu. Hier prägt sich dies aber eher auf Bauteilebene aus. Waren z. B. in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts vor allem Holzbalkendecken üblich, wurden diese später mehr und mehr durch Stahlbetondecken abgelöst. Ähnliche Beobachtungen zum Einfluss von Baualter auf Materialzusammensetzungen können grundsätzlich auch bei Nichtwohngebäuden gemacht

werden. Dennoch tritt die Bedeutung dessen als bestimmendes Merkmal der Materialzusammensetzung im Bauwerksbestand deutlich in den Hintergrund, was u. a. mit den deutlich kürzeren Nutzungsdauern von Nichtwohngebäuden zusammenhängt. Dem ist vermutlich auch der Umstand geschuldet, dass dies in der Breite bislang nicht empirisch untersetzt ist.

Eine Systematisierung von Gebäuden zur Abbildung von Materialbeständen und Materialflüssen sollte deshalb in erster Linie die genannten Merkmale Nutzungsart und Konstruktionsart sowie eingeschränkt auch Baualter(sklassen) berücksichtigen. Vorliegende Systematisierungsansätze von Bauwerken greifen dies unterschiedlich auf:

Bauwerkszuordnungskataloge

Sogenannte Bauwerkszuordnungskataloge (BZK) sind geeignete Instrumente, mit deren Hilfe Bauwerke unterschiedlich klassifiziert und gegliedert werden können. Die Notwendigkeit der Verwendung eines Bauwerkszuordnungskatalogs wird von Bogenstätter (2007, S. 2) wie folgt beschrieben: „Ein BZK ist notwendig, um Bauwerke nach Nutzungsarten zu erfassen, zu klassifizierten und deren Leistungsdaten mittels Kennzahlen vergleichen zu können." Vor allem die Öffentliche Hand arbeitet mit dem BZK. Der von der ARGEBAU erarbeitete BZK (BZK 2010) fokussiert entsprechend vor allem auf Baumaßnahmen der Öffentlichen Hand und ist in diesem Bereich stärker differenziert als bei den gewerblichen Bauwerken, die überwiegend in privater Hand liegen. Dies wird im Katalog bereits auf der ersten Gliederungsebene deutlich. Gebäude der ersten fünf Oberkategorien haben häufig öffentliche Betreiber: (1) Parlament, Gericht, Verwaltung, (2) Wissenschaftliche Lehre und Forschung, (3) Gesundheit, (4) Bildung und Kultur, (5) Sport, (6) Wohnen, Beherbergen, Betreuen, Verpflegen, (7) Produktion, Lagerung, Verkauf, Wartung und Pflege, zentrale Ver- u. Entsorgung, öffentliche Bereitschaftsdienste, (8) Technik sowie (9) Sonstiges und Ausland. Unterhalb dieser Oberkategorien erfolgt eine breite Ausdifferenzierung nach Unterkategorien nach weiteren Unter-Nutzungsarten.

Der BZK der ARGEBAU ist Grundlage vielseitiger Anwendungen der Bauwerksklassifizierung, die jeweils spezifische Zielstellungen verfolgen bzw. an regionalen Anwendungen ausgerichtet sind. Beispiele dafür sind der BZK Baden-Württemberg (2011) oder auch der BZK im Rahmen der Energieberatung für Nichtwohngebäude (BAFA 2019).

Bei den Gliederungen der BZKs stehen die Nutzungsarten der Bauwerke im Fokus, d. h., welche Funktionen in den Gebäuden ausgeführt werden, z. B. Verwaltungsgebäude oder Gebäude für Lehre. Konstruktionsweise und das Baualter werden in dieser Systematik nicht berücksichtigt.

Gebäudetypologien

Gebäudetypologien werden verwendet, um Gebäudebestände in ihrer Gesamtheit bezüglich unterschiedlicher Aspekte systematisieren, analysieren und bewerten zu können. Eine breite Anwendung findet sich im Energiebereich bzw. bei Fragen der energetischen Qualität und energetischen Sanierung von Gebäuden. Typologien werden für einzelnen Regionen (z. B. Landeshauptstadt Düsseldorf 2020) oder generalisiert für ganze Nationen vorgelegt (z. B. Deutschland). Weite Verbreitung hat eine Typologie gefunden, die in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts vom Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) vorgelegt und seither immer wieder modifiziert wurde. Sie „teilt den Wohngebäudebestand in verschiedene Baualtersklassen und Gebäudearten ein (EFH: Einfamilienhaus, RH: Reihenhaus, MFH: Mehrfamilienhaus und GMH: Großes Mehrfamilienhaus)" (IWU 2013, S. 1). Der dabei verfolgte Zweck ist, „eine begründete Abschätzung für die Gewichtung der einzelnen Gebäudetypen zu liefern, die im Rahmen einer typologiebasierten Analyse und Hochrechnung energierelevanter Größen (z. B. Heizwärmebedarf, Endenergiebedarf, CO_2-Emissionen) auf den gesamten deutschen

Wohngebäudebestand oder größere Teilmengen des Bestandes verwendet werden kann." (IWU 2013, S. 1).

Für das Gebiet der ehemaligen DDR wurde 1990 ein sogenannter Gebäudeatlas vorgelegt, der Grundlagen einer systematischen Planung von Sanierungsarbeiten im Wohngebäudebestand im Gebiet der ehemaligen DDR liefern sollte (Schulze und Walter 1990a und 1990b). Dieser von Architekten und Bauingenieuren entwickelte Katalog verwendete sogenannte Indexgebäude, für die typische Bauwerksgeometrien und Konstruktionsweisen nach Baualter, Größe und Epoche unterschiedenen Wohngebäuden beschrieben wurden.

Diese Typologien (IWU 2013; Schulze und Walther 1990a und 1990b) bildeten die Grundlage der Entwicklung materialbezogener Bauwerkstypen, die – ergänzt durch weitere Gebäuderepräsentanten in einer umfassenden Zusammenstellung von Gruhler et al. (2002) – zur Beschreibung des Wohngebäudebestandes Deutschlands vorgestellt wurde. In den Folgejahren wurde die Methodik der Generierung von Materialkennziffern für Gebäude methodisch weiterentwickelt, auch unter Berücksichtigung von Unsicherheiten, die bei der Anwendung typologiebezogener Materialkennziffern für Materialflussrechnungen zu beachten sind (Ortlepp et al. 2016b). Zudem wurde sie erweitert, insbesondere in Bezug auf die Einbeziehung aktueller Bauweisen und Gebäudevertreter für Nichtwohngebäude unterschiedlicher Nutzungsarten (Deilmann et al. 2014 und 2017; Ortlepp et al. 2016a). Hieraus ist eine umfassende Datenbank für den deutschen Bauwerksbestand entstanden. Metadaten hierzu sind in einem „Informationsportal Bauwerksdaten“ öffentlich zugänglich (IÖR o.J. a).

Eine Anwendung entsprechender bauwerksspezifischer Materialkennziffern (MKZ), z. B. für Regionen, setzt voraus, dass eine Schnittstelle zwischen den Kennziffern und den Bauwerksbeständen einer Region besteht. Merkmale zum Bauwerksbestand werden öffentlich erfasst und in Statistiken berichtet, die ihrerseits Systematisierungsansätze verwenden.

Systematik der Bauwerke

Das Statistische Bundesamt arbeitet im Rahmen der Prüfung der Versorgungsfunktion des Bereiches Bauen und Wohnen mit der sogenannten „Systematik der Bauwerke“ (StaBu 2014). Sie ist Gliederungshintergrund der Bautätigkeits- sowie der Wohngebäudebestandstatistik. Sie greift die Gliederungssystematik des oben beschriebenen BZK auf, differenziert aber vor allem Wohngebäude stärker aus. Grundsätzlich werden Bauwerke in Hochbauten und Tiefbauten unterteilt. Hochbauten sind Wohngebäude, sonstige Unterkünfte und Nichtwohngebäude. Die Wohngebäude (ohne Wohnheime) umfassen Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser. Die Nichtwohngebäude gliedern sich in Anstaltsgebäude, Büro- u. Verwaltungsgebäude, Landwirtschaftliche Betriebsgebäude, Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude und Sonstige Nichtwohngebäude. Weitere Differenzierungen sind ausgewiesen. Bezüge zum Baualter sind in der Systematik selbst nicht enthalten. In den Statistiken (Wohngebäudebestand, Abgang von Gebäuden) sind jedoch teilweise Baualtersklassen ausgewiesen.

Diese „Systematik der Bauwerke“ liefert eine Gliederung, mit der sich Bezüge sowohl zu Materialbedarfen (MKZ von Gebäuden) als auch zu statistischen Sachdaten (Mengenangaben zu Gebäuden) herstellen lassen.

Gliederungsvorschlag Gebäude für KartAL IV

Als geeignete grundlegende Gliederungssystematik erweist sich die „Systematik der Bauwerke“ des statistischen Bundesamtes (StaBu 2014). Sie bietet die Möglichkeit, für ein möglichst passgenaues Verknüpfen von Materialbedarfsdaten mit statistischen Mengenangaben (zu Bestand, Neubau und Abriss). Die verwendeten Gebäude- und Nutzungsarten sowie Baualtersklassen können so gewählt werden, dass Kompatibilität mit den Daten der Bautätigkeits- und Bestandsstatistik gegeben ist (Tabelle 1). Darüber hinaus werden weitere

Merkmalsausprägungen zur Konstruktionsweise der Gebäude eingeführt, die nicht Gegenstand der Standardveröffentlichungen der Statistik sind, sondern nur zum Teil und indirekt daraus abgeleitet werden können.

Tabelle 1 Vorgeschlagene Gebäudegliederungssystematik der Wohn- und Nichtwohngebäude zur Erstellung von Materialkatastern für Bauwerksbestände und Materialinventaren für Bauwerke

Wohn-gebäude	Nutzungsart	Konstruktionsweise	Baualter/ Baualtersklassen
	Ein-/Zweifamilienhäuser Mehrfamilienhäuser	Mauerwerksbauweise Holzbauweise Stahlbetonbauweise	bis 1918 1919-1948 1949-1978 1979-1990 ab 1991

Nichtwohn-gebäude	Nutzungsart	Konstruktionsweise	Baualter/ Baualtersklassen
	Anstaltsgebäude - Pflegeheime Büro-/Verwaltungsgebäude - Büro-/Verwaltungsgebäude Landwirtschaftliche Betriebsgebäude - Landwirtschaftliche Hallen Fabrik-/Werkstattgebäude - Produktionshallen - Feuerwehrhäuser/Rettungswachen Handelsgebäude - Verbrauchermärkte - Autohäuser Warenlagergebäude - Lagerhallen Sonstige nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude - Parkhäuser/Parkdecks - Tiefgaragen Hotels/Gaststätten - Hotels/Gästehäuser Sonstige Nichtwohngebäude - Schule - Sport-/Mehrzweckhallen	Mauerwerks-bauweise Holzbauweise Stahlbetonbauweise Stahlbauweise etc.	Konkretes Baualter Offene Baualtersklassen

Quelle: 1. Gliederungsebene, basierend auf StaBu (2014)

Bei Wohngebäuden (WG) werden grundsätzlich zwei Nutzungsarten unterschieden: EFH und MFH. Diese können weiter nach Wohnungsanzahl spezifiziert werden. Die Gebäude weisen unterschiedliche Baualter auf und lassen sich den vorgeschlagenen Baualtersklassen zuordnen. Frei verfügbare Daten der Bautätigkeitsstatistik stellen Daten zu diesen Merkmalen in der räumlichen Gliederung nach Gemeinden zur Verfügung (s. Abschnitt 4.3.1).

Konstruktionsweisen werden in der Statistik nicht berichtet, stellen aber wesentliche Informationen in Bezug auf die Materialzusammensetzung von Gebäuden dar. Indirekt können Rückschlüsse auf Ausprägungen dieses Merkmals aber aus den vorhandenen Merkmalen „Nutzungsart“ und Baualtersklasse gezogen werden, denn die Baualtersklassen orientieren sich an signifikanten Ereignissen und gesellschaftlichen Entwicklungen, die Einfluss auf Veränderungen des Bauens hatten.

Für die Nutzungsklassen der Nichtwohngebäude (NWG) werden neun Haupt-Nutzungsarten unterschieden, die der in der Statistik verwendeten Systematik folgen. Auf dieser Ebene liegen bereits typenbezogene Materialkennziffern vor. Sie können weiter in „Unter-Nutzungskategorien“ gegliedert werden und sind für Ergänzungen offen. Dabei ist auf eine Eindeutigkeit der Zuordnung zu achten. Die Bildung von Baualtersklassen wird im Falle der NWG nicht als sinnvoll erachtet, da hier die Entwicklung u. a. aufgrund der Heterogenität der unterschiedlichen Nutzungsklassen einen ähnlich durchgehenden Bezug zwischen Bauepoche und Konstruktionsweise nicht erlaubt. Deshalb wird vorgeschlagen, hier mit einem konkreten Baualter zu arbeiten, was eine Offenheit für spätere Klassifizierungen bietet. Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten aus der Bautätigkeitsstatistik ist darauf hinzuweisen, dass für NWG keine Bestandsdaten verfügbar sind, lediglich Daten zum Neubau und zum Abriss, die nach den Hauptnutzungsarten unterschieden sind. Geobasisdaten eröffnen jedoch Möglichkeiten, diese Lücken zumindest teilweise zu schließen (s. Abschnitt 4.3.2)

Infrastrukturbauwerke werden in der vorgestellten Systematik nur dann abgebildet, wenn es sich dabei um Gebäude handelt. Für andere Infrastrukturbauwerke (Brücken etc.) bietet beispielsweise die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI 2013) eine differenzierte Gliederungssystematik.

2.2.2 Systematik von Bau- und Bauwerksteilen

2.2.2.1 Anliegen und Ziele

Bauwerke setzen sich aus Bauteilen oder Bauwerksteilen zusammen. Unter Bauwerksteilen werden hier Teile eines Bauwerks mit einer spezifischen Funktion (z. B. Fassade, Dach, Fundament) und unter Bauteilen bzw. Elementen die jeweilige stofflich-konstruktive Lösung im Sinne eines physischen Teils eines Bauwerks (z. B. Fenster, Heizkessel) verstanden.

Eine Systematik von Bau- und Bauwerksteilen kann im Zusammenhang mit Materialinventaren und Materialkatastern unterschiedlichen Zwecken dienen. Innerhalb der Lebens- bzw. Nutzungsdauer des Bauwerks werden Bauteile teilweise durch gleichwertige oder höherwertige ersetzt. Hierbei handelt es sich um den Ersatz oder die Modernisierung von Bauteilen, die eine spezifische, vom Bauwerk abweichende Lebens- bzw. Nutzungsdauer aufweisen. Zum Zeitpunkt der Ersatz- bzw. Modernisierungsmaßnahmen entsteht einerseits ein Bedarf an neuen Materialen, andererseits werden Materialien ausgebaut und stehen zur Aufbereitung bzw. Entsorgung an. Um diese Effekte zu erfassen ist es sinnvoll, die Art und Menge verbauter Materialien im Gebäude durch Zuordnung zu Bauwerksteilen bzw. Bauteilen zu „verorten“. Alternativ existiert für eine derartige „Verortung“ eine stärker ausdifferenzierte Systematik in Anlehnung an die Element-Methode[3], die von Grobelementen im Sinne einer kompletten Fassade bis zu Feinelementen im Sinne von Farbschichten reicht. Sie ist mit den Kostengruppen der DIN 276 identisch.

[3] vgl. bspw. zur Gebäudemodellierung mit der Elementmethode nach LEGEP König und Mandl (2010) oder zur Kostenermittlung nach Grobelementen Mendler (2016, S. 45 ff.)

Eine Zuordnung von Baumaterialien zu Bau(werks)teilen lässt neben Rückschlüssen auf den Zeitpunkt des Ausbaus aus dem Bauwerk auch eine Abschätzung einer möglichen Schadstoffbelastung aus der Nutzungsphase zu. Es zeigt sich, dass eine Dokumentation der materiellen Zusammensetzung eines Bauwerks aufgeteilt nach Bauwerksteilen, Bauteilen oder Bauelementen einer bloßen summarischen Darstellung für das gesamte Bauwerk vorzuziehen ist. Anderseits lassen sich detaillierte Angaben jederzeit auf der benötigten Aggregationsstufe zusammenfassen. Für eine Zusammenfassung von Materialmengen auf höherer Aggregationsstufe ist eine geeignete Systematik von Bezeichnern und Materialgruppen erforderlich, die eine eindeutige Zuordnung von Einzelmaterialien zu Gruppen ermöglicht. Diese Systematik wird in Abschnitt 2.1.2 vorgestellt und diskutiert.

Eine Voraussetzung für die „Verortung" von Baumaterialien in Bauwerken ist eine Systematik von Bauwerksteilen sowie von Bauteilen/Elementen. Hierbei werden zwei Anwendungsfälle unterschieden, die sich jeweils auf den benötigten Detaillierungsgrad auswirken.

Fall 1: Frühe Phasen der Planung von Einzelbauwerken/Typvertreter für Materialinventare: In frühen Phasen der Planung werden Grundsatzentscheidungen zur Bauweise getroffen. Dies lässt eine Abschätzung des Einsatzes an Hauptbaustoffen und eine Zuordnung zu den Bauwerksteilen zu. Dieser Detaillierungsgrad eignet sich für eine grobe Beschreibung von Typvertretern, die für regionale Materialkataster als eine mögliche Datengrundlage im Sinne einer Rückfallposition herangezogen werden können. Sie unterstützen die Erstellung von Materialkatastern und die Analyse von regionalen Stoffströmen der Haupt-/Massenbaustoffe.

Fall 2: Ausführungsplanung von Einzelbauwerken: Erst mit der Ausführungsplanung und dem Vorliegen konkreter Angebote ist es möglich, die verbauten Materialien im Detail zu benennen, ihnen Angaben wie Herstellernamen und Produktbezeichner zuzuordnen und Betrachtungen zu potenziellen Wirkung auf Umwelt und Gesundheit durch Ausgasungen und Auswaschungen aus Oberflächen anzustellen. Über die Informationen zur Art und Menge verbauter Materialen hinaus hat ein detailliertes Materialinventar damit einen Mehrwert. In dieser Form werden auch detailliertere Anforderungen einer Datenbereitstellung für Materialkataster erfüllt. Es ist möglich, die Angaben zu den in den Bauwerksteilen und Bauteilen (Bodenbeläge, Wandbeschichtungen (Farben, Tapeten)) verbauten Materialien zur Verfügung zu stellen.

Bei der Erstellung von Materialinventaren zu Einzelbauwerken in der Phase der Objektdokumentation kann den unterschiedlichen Informationsbedürfnissen Rechnung getragen werden. Für eine Weiternutzung in einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation (auch bezeichnet als Gebäudepass/Hausakte) besteht ein Interesse an detaillierten Angaben zu Art, Menge und Ort verbauter Materialien inkl. Herstellername und Produktbezeichnung, für die Aufbereitung zu Typvertretern werden insbesondere Angaben zu den in den wesentlichen Bauwerksteilen eingesetzten Materialien benötigt. Zusätzliche Hinweise, die das (ggf. auch nachträgliche) Identifizieren von Schadstoffen erlauben, sind jedoch hilfreich.

2.2.2.2 Bestehende Ansätze zur Einteilung von Bauteilen

Nachstehend werden existierende Ansätze zur Unterteilung von Bauwerken in Bauwerksteile, Bauteile/Elemente vorgestellt und diskutiert.

Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe (IÖR Dresden)

In der Publikation „Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe – Gebäudevergleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen" (Gruhler et al. 2002) wird die folgende, in Tabelle 2 dargestellte Systematik von Bauteilen zur Beschreibung eines Bauwerks verwendet. Die Gliederung orientiert sich an der Funktion wesentlicher Bauwerksteile und der

Gliederungssystematik nach DIN 276 und der des BKI, die Haustechnik wird nicht berücksichtigt.

Tabelle 2 Bauteile nach Gruhler et al. (2002)

Bauteile
Gründung
Fundament
Außenwand: Kellergeschoss
Außenwand: Erd- und Obergeschosse
Fenster/Außentür
Innenwand
Innentür
Decke
Dach

Quelle: eigene Darstellung nach Gruhler et al. (2002)

Bauteilsystematik nach DIN 276

Ein Ansatz zur Entwicklung einer detaillierteren Bauteilsystematik basiert auf den Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276 (Aktuelle Version: 2018-12-00). Diese dient der Ermittlung, Gliederung und Planung von Kosten im Bauwesen. Dazu wird eine Aufteilung von Bauteilkategorien in drei Ebenen mit zunehmender Detaillierung vorgenommen und bei einer elementorientierten Vorgehensweise jedem Bauteil eine dreistellige Ziffer zugewiesen. Die DIN 276 sieht dabei ausdrücklich die Möglichkeit einer weiteren Untergliederung, zum Beispiel entsprechend technischen Merkmalen, herstellungsmäßigen Gesichtspunkten oder der Lage im Bauwerk bzw. auf dem Grundstück vor. Insbesondere bietet Tabelle 4 der DIN 276 eine erweiterte Gliederung der Kostengruppe 400 (und nur dieser) ergänzend zur sonstigen Kostengliederung.

Die erste Ebene der Kostengliederung nach DIN 276 nimmt eine erste sehr grobe Unterteilung von Kostengruppen vor. Aus ihr ergibt sich die erste Ziffer der dreistelligen Kostenkategorien. Für die Systematik von Bauteilen im Sinne des Projekts KartAL IV sind dabei die Kostengruppen 300, 400 und eventuell 500 von Interesse. Nur sie repräsentieren physische Teile des Bauwerks und bezeichnen die Baukonstruktionen, die Haustechnik und die Außenanlagen. Alle Kostengruppen auf der ersten Ebene werden entsprechend dem geringen Detaillierungsgrad dieser Ebene ausschließlich auf Flächen bezogen (Bruttogrundfläche bzw. Außenanlagefläche, vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3 Kostengruppen der DIN 276, erste Gliederungsebene

Nr.	Kostengruppe	Einheit	Bezugseinheit
100	Grundstück	m²	Gesamte Grundstücksfläche nach DIN 277-1
200	Vorbereitende Maßnahmen	m²	Gesamte Grundstücksfläche nach DIN 277-1
300	Bauwerk – Baukonstruktionen	m²	Gesamte Brutto-Grundfläche nach DIN 277-1
400	Bauwerk – Technische Anlagen	m²	Gesamte Brutto-Grundfläche nach DIN 277-1
500	Außenanlagen und Freiflächen	m²	Gesamte Außenanlagefläche nach DIN 277-1
600	Ausstattung und Kunstwerke	m²	Gesamte Brutto-Grundfläche nach DIN 277-1
700	Baunebenkosten	m²	Gesamte Brutto-Grundfläche nach DIN 277-1
800	Finanzierung	m²	Gesamte Brutto-Grundfläche nach DIN 277-1

Eine Anlehnung an die Hauptkostengruppen der DIN 276 ist weder für Materialkataster noch für Materialinventare geeignet. Die maximal mögliche Unterscheidung des Materialaufwands für Bauwerk bzw. für die technischen Anlagen erweist sich als zu grob.

Die zweite Gliederungsebene weist einen höheren Detaillierungsgrad auf und unterscheidet Bauteile, die der Einteilung von Bauelementen bei einer Kostenberechnung nach der Elementmethode entsprechen. Aus dieser Ebene ergibt sich auch die Ziffer der zweiten Stelle. Beispiele für Kostenkategorien dieser Ebene sind: 320 Gründung, Unterbau, 330 Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen, 340 Innenwände, 350 Decken/Horizontale Baukonstruktionen, 360 Dächer, 410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, 420 Wärmeversorgungsanlagen, 440 Elektrische Anlagen, 530 Oberbau, Deckschichten oder 550 Technische Anlagen. Tabelle 4 zeigt die Kostengruppen der zweiten Gliederungsebene.

Tabelle 4 Ausgewählten Kostengruppen der DIN 276, zweite Gliederungsebene

Nr.	Kostengruppe
310	Baugrube/Erdbau
320	Gründung, Unterbau
330	Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen
340	Innenwände/Vertikale Baukonstruktionen, innen
350	Decken/Horizontale Baukonstruktionen
360	Dächer
370	Infrastrukturanlagen
380	Baukonstruktive Einbauten
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
420	Wärmeversorgungsanlagen
430	Raumlufttechnische Anlagen
440	Elektrische Anlagen
450	Kommunikations-, sicherheits- und informationstechnische Anlagen
460	Förderanlagen
470	Nutzungsspezifische und verfahrenstechnische Anlagen
480	Gebäude- und Anlagenautomation
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen
510	Erdbau
520	Gründung, Unterbau
530	Oberbau, Deckschichten
540	Baukonstruktionen
550	Technische Anlagen
560	Einbauten in Außenanlagen und Freiflächen
570	Vegetationsflächen
580	Wasserflächen
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen und Freiflächen

Diese Gliederungstiefe eignet sich für die Zuordnung von Hauptbaustoffen zu relevanten Bauwerksteilen. Sie bietet auch eine Gliederung für haustechnische Systeme an. Die Gliederung stimmt gut mit der in Gruhler et al. (2002) verwendeten überein, allerdings werden dort zusätzlich Fenster und Türen genannt. Diese können durch einen auf wenige Stellen konzentrierten Übergang zur dritten Gliederungsebene berücksichtigt werden.

Die dritte Gliederungsebene der Kostengruppen nach DIN 276 hat den höchsten Detaillierungsgrad innerhalb der Norm. Ein Beispiel für die Einteilung der Kostengruppen der dritten Ebene in der DIN 276 zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5 Kostengruppen der DIN 276, dritte Gliederungsebene (Beispiel 330 Außenwände)

Nr.	Kostengruppe	Nr.	Kostengruppe
331	Tragende Außenwände	336	Außenwandbekleidungen, innen
332	Nichttragende Außenwände	337	Elementierte Außenwandkonstruktionen
333	Außenstützen	338	Lichtschutz zur KG 330
334	Außenwandöffnungen	339	Sonstiges zur KG 330
335	Außenwandbekleidungen, außen		

Die DIN 276 bietet eine Struktur zur Beschreibung von Bauwerken an, die der einer Kostenermittlung entspricht. Damit sind Planer mit ihr vertraut und Planungshilfsmittel dafür vorhanden. Ein Vorteil liegt in der klaren Skalierbarkeit über einzelne Detaillierungsgrade hinweg. Eine Systematik von Bauteilen sollte sich daher aus Sicht der Bearbeiter an der DIN 276 orientieren.

Bauteilsystematik nach Seemann (2003)

Wie oben angeführt, sind noch detailliertere Aufteilungen über die üblichen dreistelligen Kostengruppen der DIN 276 hinaus bis auf Bauprodukt- oder Stoffebene möglich. Hierfür können eine vierte und fünfte Gliederungsebene eingeführt werden. Ein Beispiel liefern die Arbeiten von Seemann (2003). In seiner Dissertationsschrift wurden den dreistelligen Nummern der Kostengruppen nach DIN 276 zwei weitere Stellen hinzugefügt, um einzelne Bauteile beschreiben zu können und diese zur Darstellung der verwendeten Materialien, Stoffe oder Aufbauten weiter zu unterteilen. Als Beispiel wird in Tabelle 6 diese Systematik für Außenwände dargestellt.

Tabelle 6 Bauteilnummern für Außenwände nach Seemann (2003)

Nr.	Kostengruppe	Nr.	
33120	Mauerwerk (außen, tragend)	33442	Fensterbank (Holz)
33121	Mauerwerk (außen, tragend), Naturstein	33452	Fensterrahmen (Holz)
33122	Mauerwerk (außen, tragend), Hohlblockstein	33510	Außenwandbekleidungen außen Putz (ganze Wand)
33123	Mauerwerk (außen, tragend), Kalksandstein	33610	Außenwandbekleidungen innen Putz (ganze Wand)
33130	Fachwerk (außen, tragend)	33611	Außenwandbekleidung innen Putz (Gips)
33240	Wandplatten	33617	Außenwandbekleidung innen Tapete (ganze Wand)
33330	Pfeiler	33627	Außenwandbekleidung innen Tapete (Teil der Wand)
33410	Türen (außen)	33628	Außenwandbekleidung innen sonstige (Teil der Wand)
33411	Türrahmen (außen)	33911	Klappläden
33420	Tore (außen)	33912	Rollläden
33430	Fenster (außen)		

Es wird auf der Basis der Arbeiten von Seemann deutlich, dass für eine sehr detaillierte Beschreibung des Schichtenaufbaus von Bauteilen mehr als drei Gliederungsebenen benötigt werden. Eine Ergänzung um weitere Stellen ist möglich und wird von der DIN 276 zugelassen. Mit der Betrachtung einzelner Bauteilschichten wird die Ebene der Feinelemente erreicht. Ein Feinelement im Sinne einer Schicht entspricht i.d.R. einem konkreten Material.

Bauteil-/Materialsystematik des Nachhaltigkeitsbewertungssystems BNB

Eine Systematik von Bauteilen/Materialbezeichnern wird im Rahmen des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen[4] (BMI 2017) angegeben. Die Aufteilung erfolgt aufbauend auf die Kostengruppen nach DIN 276 in mehreren Ebenen bis zu einem insgesamt sechsstelligen Code, der einzelne Bauteile, Materialien, Stoffe sowie Einbauten (z. B. Regale) identifiziert. Die Tabelle deckt die Kostengruppe 300 ab, Bauteile der Haustechnik (Kostengruppe 400) werden nicht dargestellt. Tabelle 7 zeigt diese Systematik beispielhaft für die Code-Nummern der Kostengruppen 331 und 333, eine Tabelle für die gesamte KG 330 (Außenwände) ist in Tabelle 48 in Anhang A.1 zu finden.

Tabelle 7 Bauteil- und Materialcodes für Außenwände nach der BNB-Nutzungsdauertabelle (2017)

Code-Nr.	Bauteil/Material
331.111	Mauerwerkswand
331.211	Betonwand
331.311	Holzwand
331.411	Stahlbauwand
331.511	Lehmbauwand
331.611	Formsteine mit Betonfüllung
333.111	Mauerwerksstütze
333.211	Betonstütze
333.311	Holzstütze
333.411	Stahlstütze

Deutlich wird der hohe Detaillierungsgrad, der mit sechs Stellen erreichbar ist. Deutlich wird aber auch, dass auf der Ebene einzelner Schichten (auch als Feinelemente bezeichnet) allmählich ein Übergang von der Betrachtung von Bauteilen im Sinne eines Einbauortes/der Erfüllung einer konkreten Funktion zur Bezeichnung von Materialien erfolgt.

Neben der Systematik von Bezeichnern liegt der besondere Wert der Tabellen in den Angaben zu rechnerischen Nutzungsdauer im Sinne einer mittleren Verweildauer von Bauteilen im Bauwerk. Diese Angaben können für dynamische Betrachtungen bei Materialinventaren und Materialkatastern verwendet werden. Die Tabellen selbst werden vom BMI/BBSR zur Verfügung gestellt und sind frei zugänglich (vgl. BMI 2017).

Systematik der VDI 2067 für haustechnische Anlagen

Ein Ansatz zur detaillierten Darstellung haustechnischer Anlagen ist in den Tabellen mit Angaben zur rechnerischen Nutzungsdauer für Anlagen und Elemente der Haustechnik des VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2012 – VDI 2067 Blatt 1, Tabellen A2-A6) zu finden. Hier werden in bis zu sechs Gliederungsebenen die Nutzungsdauern verschiedener Anlagenkomponenten in einem hohen Detaillierungsgrad aufgeführt. Tabelle 8 bis Tabelle 11 zeigen Beispiele für die Systematik von Anlagenkomponenten von Haustechniksystemen nach der VDI-Richtlinie 2067. Darin werden die Komponenten haustechnischer Anlagen nach Ebenen sortiert und bis auf die jeweils letzte Ebene fortlaufend nummeriert. Die Benennung auf der maximalen Gliederungstiefe mit Kleinbuchstaben wurde hier der Übersicht halber ergänzt. Eine Darstellung der gesamten Systematik von Anlagenkomponenten nach der VDI-Richtlinie 2067 bis zur sechsten Ebene ist in Tabelle 49 in Anhang A.1 zu finden. Die VDI 2067 befindet sich mit Stand Sommer 2020 in Überarbeitung. Ziel ist u. a. die Aktualisierung der Nutzungsdauern.

[4] vgl. die Dateien in BMI 2017

Tabelle 8 Systematik von Anlagen nach VDI-Richtlinie 2067, erste Gliederungsebene

Nummer	Anlagen
1	Heizung
2	Raumlufttechnik, Raumkühltechnik
3	Erwärmtes Trinkwasser
6[5]	Gebäudeautomation
7	Aufzüge

Tabelle 9 Systematik von Anlagenkomponenten nach VDI-Richtlinie 2067, zweite Ebene

Nummer	Anlagenkomponenten der Heizung
1.1	Nutzenübergabe
1.2	Verteilung
1.3	Erzeugung

Tabelle 10 Systematik von Anlagenkomponenten nach VDI-Richtlinie 2067, dritte Ebene

Nummer	Anlagenkomponente der Nutzenübergabe der Heizung
1.1.1	Heizflächen mit Zubehör (Ventile, Verschraubungen, Halter)
1.1.2	Regeleinrichtungen
1.1.3	Lufterhitzer für Großraumbeheizung, gas- oder ölbefeuert
1.1.4	Elektrische Heizung

Tabelle 11 Systematik von Anlagenkomponenten nach VDI-Richtlinie 2067, vierte Ebene

Nummer	Anlagenkomponente Heizflächen mit Zubehör (Ventile, Verschraubungen, Halter)
1.1.1.a	Gussradiatoren
1.1.1.b	Stahlradiatoren
1.1.1.c	Plattenheizkörper, Stahl
1.1.1.d	Aluminium-Heizkörper
1.1.1.e	Konvektoren mit Verkleidung
1.1.1.f	Deckenheizungen, Deckenstrahlplatten
1.1.1.g	Warmwasser-Fußbodenheizungen
1.1.1.h	Thermisch aktive Bauteile, z. B. Decken

Hier stellt sich die Frage, welcher Detaillierungsgrad für die Zwecke der Erstellung von Materialinventaren und Materialkatastern sinnvoll ist. Es wird davon ausgegangen, dass z. B. künftig über BIM eine automatisierte Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung erfolgen kann und wird. Im Zuge dessen können auch detaillierte Materialinventare und zusammengefasste Kennwerte für Materialkataster für den Bereich Haustechnik entstehen. Voraussetzung ist die Bereitstellung von Informationen zu den in der Haustechnik verbauten Materialien. Diese liegen bisher kaum vor.

Die in VDI 2067 veröffentlichten Angaben zur rechnerischen Nutzungsdauer im Sinne einer mittleren Verweildauer im Bauwerk kann die Erstellung dynamischer Materialinventare und

[5] Anmerkung: In der ersten Ebene der Systematik von Anlagenkomponenten in der aktuellen Version der VDI 2067 Blatt 1:2012-09 sind die Nummern 4 und 5 nicht vergeben.

Materialkataster unterstützen, da Prognosen zum Zeitpunkt des erwarteten Ausbaus infolge Ersatz möglich werden.

2.2.2.3 Vorschlag für eine Bauteilsystematik im Rahmen von KartAL IV

Für Materialkataster wird eine Systematik vorgeschlagen, die sich an der zweiten Gliederungsebene der DIN 276 orientiert und für ausgewählte Bauteile eine feinere Differenzierung vorsieht. Im Bereich der Kostengruppe 300 – Baukonstruktion stimmt dies mit dem bisherigen Vorgehen früherer Veröffentlichungen des IÖR (Gruhler et al. 2002) überein, die auch öffentlich zugänglichen Informationen und Daten zu Materialkennziffern für Gebäude zugrunde liegen (IÖR o.J. a) (Gruhler und Deilmann 2015 und 2017). Es wird jedoch vorgeschlagen, künftig auch die in der Haustechnik und den Außenanlagen verwendeten Materialien zu erfassen und insofern deren Bauteile zusätzlich in die Systematik aufzunehmen. Eine zunächst ausdifferenzierte Erfassung im Bereich der Haustechnik lässt sich bei Bedarf wieder zu einzelnen Anlagenarten zusammenfassen. Insbesondere wird empfohlen, künftig den Materialeinsatz bei PV-Anlagen zu erfassen, auch um ein künftiges Aufkommen an Altanlagen prognostizieren zu können. Der Vorschlag wird mit Tabelle 12 vorgestellt.

Tabelle 12 Vorschlag einer Bauteil-Systematik für Materialkataster

Nr.	Kostengruppe
320	Gründung, Unterbau
330	Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen
334	Außenwandöffnungen
340	Innenwände/Vertikale Baukonstruktionen, innen
344	Innenwandöffnungen
350	Decken/Horizontale Baukonstruktionen
360	Dächer
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
420	Wärmeversorgungsanlagen
421	Wärmeerzeugungsanlagen
422	Wärmeverteilnetze
423	Raumheizflächen
430	Raumlufttechnische Anlagen
431	Lüftungsanlagen
433	Klimaanlagen
434	Kälteanlagen
440	Elektrische Anlagen
442[6]	Eigenstromversorgungsanlagen
450	Kommunikations-, sicherheits- und informationstechnische Anlagen
460	Förderanlagen
480	Gebäude- und Anlagenautomation
520	Gründung, Unterbau
530	Oberbau, Deckschichten
540	Baukonstruktionen
550	Technische Anlagen

Bei Bedarf kann in der Analysephase der Erstellung von Materialkatastern und insbesondere bei der Erstellung gebäudespezifischer Materialinventare eine weitere Ausdifferenzierung vorgenommen werden. Insbesondere bei Fenstern betrifft dies das Rahmenmaterial und die Verglasungsart. Dies ist notwendig, um komplexere Bauteile in einzelne Komponenten (ggf. mit

[6] Tabelle 4 der DIN 276 unterteilt die Kostengruppe 400 noch weiter über die dritte Ebene hinaus, dort findet sich 442 4) Photovoltaikanlagen.

spezifischer Lebens- oder Nutzungsdauer) bzw. Materialien aufzuschlüsseln. Ein Beispiel liefert Tabelle 13. Im Zusammenhang mit den Bauteilen der Haustechnik ergibt sich ein ähnlicher Bedarf einer Erfassung von Komponenten und Materialien.

Tabelle 13 Beispiel für ein System zur Einteilung von Fenstern in der KG 334

Nr.	Bauteil
33450	Fensterrahmen (außen)
33451	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Holz
33452	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Kunststoff
33453	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Stahl
33454	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Aluminium
33455	Fensterrahmen (außen), Verbundstoffe

Für die Erstellung von Materialinventaren auf der Ebene von Einzelbauwerken im Sinne des Projekts KartAL IV wird eine stärkere Ausdifferenzierung vorgeschlagen. Während für die Erfassung von z. B. Massenbaustoffen oder Dämmstoffen eine Gliederung nach Bauteilen der DIN 276 ausreichend ist, stößt sie bei der Bearbeitung von Zusatzfragen im Rahmen eines Materialinventars an ihre Grenze. Sofern ein Interesse daran besteht, für einzelne Materialien den Herstellernamen und die Produktbezeichnung zu verwalten, den die Oberflächen bildenden Materialien auswertbare Angaben zu Wirkungen und Risiken für lokale Umwelt und Gesundheit zuzuordnen und für einen späteren Rückbau die Trennbarkeit von Schichten zu beschreiben und das Risiko von Anhaftungen zu erfassen, müssen einzelne Schichten berücksichtigt werden können. Damit erfolgt eine Annäherung an Feinelemente bzw. Leistungspositionen nach DIN 276.

Ein Beispiel für ein solches System der Einteilung von Bauteilen in Schichten zur schichtscharfen Zuordnung von Bauprodukten und deren Herstellern zeigt die Tabelle 14 für die Kostengruppe 330 (Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen) nach DIN 276. Die Grundlage für das Beispiel liefert ein Außenwandelement eines Fertighausunternehmens.

Tabelle 14 Wandaufbau eines Elements mit Zuordnung der Schichten zu den KG der DIN 276

Nr.	Bauteilaufbau nach Schichten von innen nach außen
336	Gipskarton
336	Dampfbremse
336	Holzwerkstoffplatte
331	Konstruktionsholz
335	Mineralwolle
335	Weichfaserplatte
335	Grundputz
335	Grundierung
335	Edelputz
335	Anstrich

Zwischenfazit

Wie oben erläutert, reicht eine dritte Gliederungsebene nach DIN 276 i.d.R. nicht aus, um Schichten im Detail zu kennzeichnen. Hier muss in der Erfassung auf die Betrachtung der Schichten/Feinelemente/Leistungspositionen übergegangen werden. Zur Charakterisierung des Einbauortes jedoch reicht die Systematik der Bauwerksteile und Bauteile aus. Es wird daher

vorgeschlagen, bei der maschinellen Verarbeitung von Daten den maximalen Detaillierungsgrad zu nutzen und sich an den Methoden der Kostenermittlung unter Nutzung von Leistungspositionen zu orientieren. In der zusammenfassenden Darstellung im Materialinventar zum Einzelbauwerk können dann gesonderte Auswertungen angeboten werden, i.S.v. „Menge der in Außenwänden verbauten Folien“ oder „Oberflächen, von denen eine Belastung der lokalen Umwelt ausgehen kann“. Derartige Möglichkeiten müssen im Zusammenhang mit den Zusatzanforderungen an Materialinventare diskutiert und geklärt werden.

2.2.2.4 Kataloge von Bauteilen i.S. komplexer Bauprodukte

Alternativ zu einer Nutzung der Systematik von Bauwerksteilen und Bauteilen zur räumlichen Verortung verbauter Materialien können Bauteile auch als komplexe Bauprodukte mit eigener Funktion angesehen werden, die sich aus verschiedenen Komponenten bzw. Materialien zusammensetzen. Sie werden i.d.R. fertig- oder teilmontiert angeliefert und verbaut sowie auch als Ganzes ausgebaut und bevorzugt wiederverwendet. Es muss daher geprüft werden, ob und inwieweit der Materialinhalt komplexer Bauprodukte in einem allgemeinen Materialinventar aufgeht oder ob ein Interesse besteht, derartige Bauteile zunächst in einer Art Stückliste zu erfassen. Hierfür wird eine weitere Systematik benötigt.

Im Folgenden wird daher die Möglichkeit einer Systematik komplexer Bauprodukten diskutiert. Ausgangspunkt sind die Bauregellisten des Deutschen Institutes für Bautechnik, bzw. die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen sowie Verzeichnisse von Bauteilbörsen. Für Betonbauteile kann zusätzlich der Bauteilkatalog der Zement- und Betonindustrie (Kampen et al. 2014) herangezogen werden. Entscheidend für die Rückgewinnung und Wiederverwendung von Betonelementen ist u. a. die Art der Verbindung und deren Lösbarkeit – siehe auch Abschnitt 2.2.3.

Komplexe Bauprodukte nach Muster-Verwaltungsvorschrift Techn. Baubestimmungen

Die Bauregellisten des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt 2015) enthielten die durch die obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder eingeführten Bauprodukte sowie technische Regeln für Bauprodukte und Bauarten. 2018 wurden die Bauregellisten aufgehoben und durch die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) ersetzt. Die Teile B, C und D der MVV TB enthalten Listen von Bauprodukten, in Abhängigkeit davon, ob diese einen Verwendbarkeitsnachweis brauchen bzw. anderen Anforderungen unterliegen (vgl. auch § 17 Absatz 3 der Musterbauordnung (MBO 2019)).

Abbildung 9 Auszug aus Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen

Lfd. Nr.	Bauprodukt	Technische Regeln/Ausgabe	Übereinstimmungsbestätigung
1	2	3	4
C 2.1.5.5	Vorgefertigte Ziegeldecken	DIN 1045-100:2017-09 in Verbindung mit DIN 1045-101:2017-09	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung
C 2.1.5.6	Tragende Fertigteile aus Stahlfaserbeton	DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton (2012-11), DIN 1045-4:2012-02 Zusätzlich gilt: Anlage C 2.1.7	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung
C 2.2	**Bauprodukte für den Mauerwerksbau**		
C 2.2.1	Statisch mitwirkende Ziegel für Vergusstafeln	DIN 4159:2014-05	ÜZ
C 2.2.2	Mauertafeln und Vergusstafeln	DIN 1053-4:2013-04	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung
C 2.3	**Bauprodukte für den Holzbau**		
C 2.3.1	**Vorgefertigte Bauteile**		
C 2.3.1.1	Geklebte tragende Holzbauteile nach DIN 1052-10:2012-05, Abschnitte 6.2 bis 6.5 und 6.7 außer Bauprodukte nach lfd. Nr. C 2.3.1.5	DIN 1052-10:2012-05 Zusätzlich gilt: Anlage C 2.3.1 Je nach Bauprodukt gilt: DIN 4102-4:2016-05	ÜH
C 2.3.1.2	Tragwerke aus Balkenschichtholz, Brettschichtholz oder Furnierschichtholz aus Nadelholz mit Nagelplattenverbindungen	DIN 1052:2008-12 und DIN 1052/Berichtigung 1:2010-05 Je nach Bauprodukt gilt: DIN 4102-4:2016-05	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung
C 2.3.1.3	Geklebte Verbundbauteile aus Brettschichtholz, sofern nicht durch DIN EN 14080 erfasst, und Brettsperrholz	DIN 1052-10:2012-05 Je nach Bauprodukt gilt: DIN 4102-4:2016-05	ÜZ
C 2.3.1.4	Beidseitig bekleidete oder beplankte nicht geklebte Wand-, Decken- und Dachelemente, z. B. Tafelelemente für Holzhäuser in Tafelbauart	DIN 1052:2008-12 und DIN 1052/Berichtigung 1:2010-05 Zusätzlich gilt sinngemäß: Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 Teil 1 bis Teil 3 (1992-06) Je nach Bauprodukt gilt: DIN 4102-4:2016-05	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung
C 2.3.1.5	Beidseitig bekleidete oder beplankte geklebte Wand-, Decken- und Dachelemente, z.B. Tafelelemente für Holzhäuser in Tafelbauart	DIN 1052-10:2012-05 Zusätzlich gilt sinngemäß: Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 Teil 1 bis Teil 3 (1992-06) Je nach Bauprodukt gilt: DIN 4102-4:2016-05	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung

Quelle: MVV TB (DIBt 2019)

Bauteilbörsen

An den verschiedenen regionalen Bauteilbörsen werden gebrauchte Bauteile und komplexe Bauprodukte angeboten und gehandelt (vgl. zum Beispiel Dechantsreiter (o.J.)). Dabei werden die angebotenen Teile in Kategorien mit zahlreichen Unterkategorien unterteilt, die als Grundlage für einen Bauteilkatalog genutzt werden können. Aufgezählt werden beispielsweise Türen und Tore, Fenster, Treppen, Böden, Wände, Dächer, Elektro, Heizung, Lüftung, Sanitär, Küche, Innenraum, Außenbereich und speziellere Teile wie Träger, Balken und Platten. Eine ähnliche Aufteilung wurde auch von Dechantsreiter et al. (2015) in ihrer Studie „Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen“ für das UBA gewählt. Tabelle 15 und Tabelle 16 zeigen die Kategorien und Unterkategorien der beiden Bauteilsysteme.

Tabelle 15 Ausgewählte Kategorien und Unterkategorien von Bauteilbörsen

Kategorien nach Dechantsreiter (o.J.)	Unterkategorien
Türen/Tore	Haustüren, Wohnungstüren, Zimmertüren, Schiebetüren, Außen-/Balkontür, Sonstige Türen, Tore, Zubehör, Beschläge
Fenster	Außenfenster, Vorsatzfenster, Oberlichter, Dachfenster, Sonstige Fenster, Fensterbänke, Beschläge, Fensterläden, Glas, Zubehör
Treppen	Ganze Treppen, Leitern/Aufstiege, Geländer, Tritte, Zubehör
Böden	Stein, Parkett/Dielen, Fliesen, Sonstige Böden
Wände/Dach	Dachhaut, Ziegelstein, Konstruktion, Verkleidung, Sonstiges, Zubehör - z. B. Biberschwänze, Dachpfannen, Kacheln
Elektro	Leuchten, Dosen/Schalter, Verteiler, Installation, Sonstiges
Heizung/Lüftung	Heizkörper, Wärmeerzeugung, Warmwasser, Installation, Sonstiges, Zubehör
Sanitär	Bad/Dusche, Waschbecken, WC-Anlagen, Bidets, Urinale, Waschküche, Installation, Sonstige, Zubehör

Quelle: nach Dechantsreiter (o.J.)

Tabelle 16 Kategorien und Unterkategorien von Bauteilen

Kategorien nach Dechantsreiter (2015)	Unterkategorien
Außenfenster,-türen,-tore	Materialgruppen Kunststoff, Holz und Aluminium, historische Haustüren, Tore oder Fenster; Hebe-und Schiebefenster-und Türenelemente und Tore
Innentüren	einflügelige und zweiflügelige Türen; Wohnungstüren, Zimmertüren; Brandschutztüren
Treppen	Podeste, Wangen, Auftritte, Steigungen, Pfosten, Handläufe, deren Befestigungen und Geländer
Bodenbeläge	Parkett, Dielen und Fliesen; alte Holzfußböden (Kiefer, Eiche, Pitchpine)
Dach/Wände	Ton und Beton; Mauersteine, Asbestwellplatten, Metallabdeckungen (Bleche), Reeteindeckungen und Holzschindeln; Hohlziegel, Biberschwanz-oder Nonne/Mönch-Eindeckungen; Mauersteine: Mauerziegel, Kalksandsteine, Porenbetonsteine und Betonsteine (Mauersteine aus Normalbeton und Leichtbeton)
Wärmeerzeuger/Heizkörper	Heiz- und Lüftungsanlagen, Geräte zur Wassererwärmung und Warmwasserspeicher; Kachelöfen, Konvektionsheizkörper, Radiatoren oder Gussheizkörper; Thermostat(ventil)e, Heizkörperverkleidungen („Ein Angebot von Heizanlagen (Brennern) wird in den Bauteilbörsen und Gebrauchtbauteilmärkte nicht angestrebt.“)
Sanitäreinrichtungen	Waschtische, Bade-und Duschwannen und WCs und Urinale aus Acryl und Keramik. Einbauschränke, Spiegel und Accessoires; Badkombinationen (Dusche, Badewanne, Waschtisch und WC)

Kategorien nach Dechantsreiter (2015)	Unterkategorien
Pflastersteine und Sonstige	Pflastersteine und –platten; Natur-und Betonsteinmaterial; große Natursteine, Brunnen, Palisaden und Stützwandsysteme
Umwehrung: Zäune/Tore und Geländer	Drahtzäune, historische Zäune aus Metall sowie modernere Gittermatten-, Holz-und Metallzäune; Tore, Systemgeländer

Quelle: nach Dechantsreiter et al. 2015

Deutlich wird, dass die ausgewerteten Systematiken die Besonderheiten elementierter Bauweisen sowie z. B. des Stahlbaus nicht berücksichtigen. Prinzipiell besteht jedoch die Möglichkeit einer Wiederverwendung kompletter Außenwandelemente (vgl. hierzu bspw. DBU o.J.b) oder z. B. von Stahlstützen. Auf besondere Anforderung der Qualitätsprüfung und -sicherung wird hier nicht eingegangen. Es wird eingeschätzt, dass eine Prüfung von Möglichkeiten eines Bauteilrecyclings erst im Rahmen der Rückbauplanung möglich und sinnvoll ist.

Zwischenfazit

Zumindest auf der Ebene von Materialinventaren empfiehlt sich eine Doppelstrategie. Einerseits sollten sämtliche Materialarten und –mengen erfasst werden. Derartige Angaben liefern Informationen für die Erstellung von Materialkatastern und die Unterstützung eines urban mining. Für eine konkrete Abschätzung von Recyclingpotenzialen sollten jedoch komplexe Produkte mit der Möglichkeit einer Wiederverwendung zusätzlich in Stücklisten erfasst werden. Es handelt sich hierbei nicht um eine Doppelzählung, sondern um eine Zusatzinformation. Derartige Angaben können die spätere Erstellung eines Abfallaudits zur Vorbereitung von Rückbauarbeiten unterstützen – siehe auch Abschnitt 2.2.3.

2.2.3 Beschreibbarkeit von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten

2.2.3.1 Kontext

Ein Materialinventar von Einzelbauwerken hat dann einen erhöhten Informationswert zur Unterstützung einer Wiederverwendung von Bauteilen und Systemen sowie der Kreislaufführung von Baumaterialien, wenn es neben Angaben zu Art, Menge und Einbauort von verbauten Bauteilen, haustechnischen Systemen und Materialien auch Informationen zu den nach einem Rückbau von Bauwerksteilen bzw. des vollständigen Bauwerks zur Verfügung stehenden Bauteilen, Systemen und Materialien enthält.

Mögliche Ansätze zur Verbesserung der Informationen zu den bei einem beim Rückbau von Bauwerksteilen oder vollständigen Bauwerken anfallenden Bauteilen, Systemen oder Materialien bestehen in

a) einer traditionellen Erfassung von Systemen und Bauteilen in Form von Stücklisten in Verbindung mit einer Charakterisierung ihrer Einbausituation und einer Charakterisierung der Art der Verbindung von verbauten Materialien inklusive der Darstellung und Bewertung von Möglichkeiten einer Trennung
b) neueren Ansätzen zur Beschreibung der Rückgewinnbarkeit.

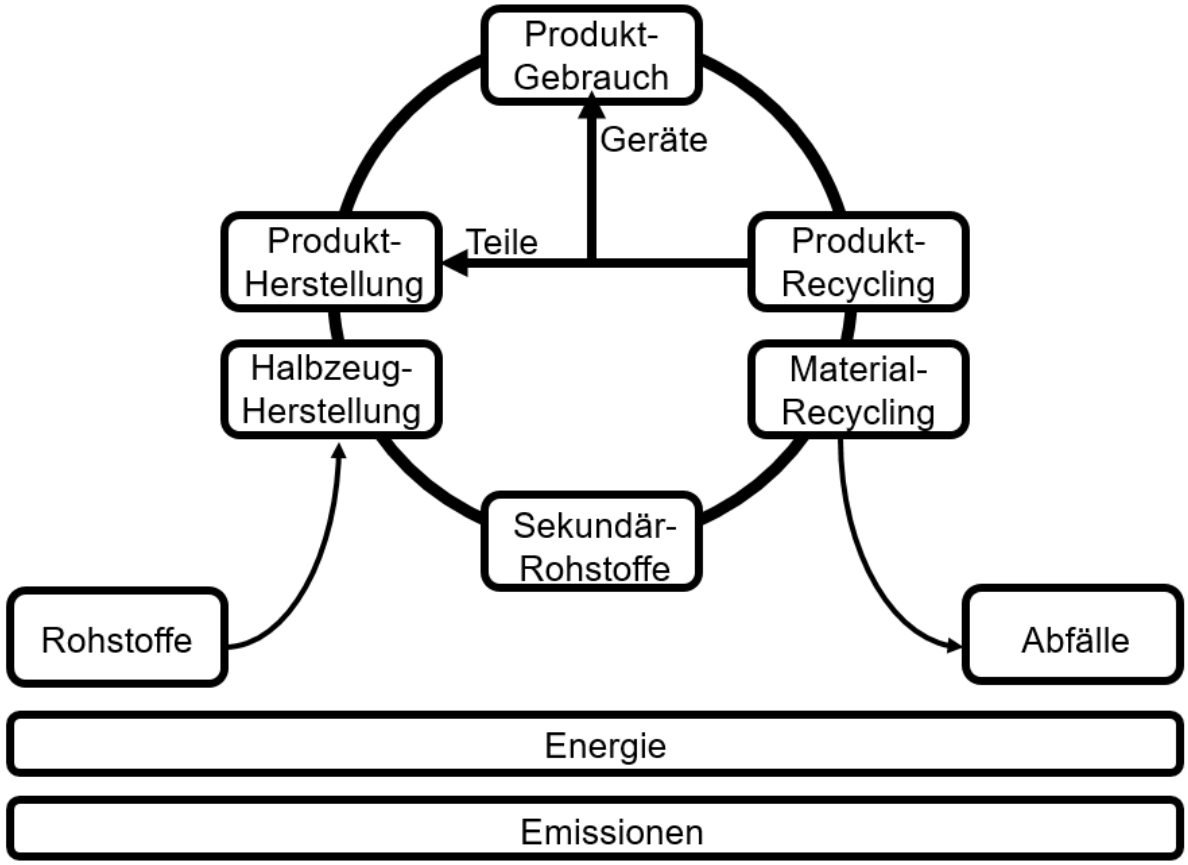
2.2.3.2 Traditionelle Erfassung von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten

Eine Voraussetzung für eine Unterstützung eines späteren Rückbaus und Recycling durch Materialinventare ist die Beschreibbarkeit der Art des Einbaus von Bauteilen und Systemen bzw. der Art der Verbindung von Materialien unterschiedlicher Baustoffgruppen im Hinblick auf Möglichkeiten eines zerstörungsfreien Ausbaus bzw. auf ihre spätere Trennbarkeit. Insbesondere ist von Interesse, ob ein wiederverwendungsgerechter Ausbau von Bauteilen und Systemen bzw. eine sortenreine Trennung von Materialien unterschiedlicher Stoffgruppen möglich ist bzw. zum Zeitpunkt des Rückbaus sein wird.

Bei einer Verbindung von Materialien aus einer Stoffgruppe ist die Art der Trennbarkeit von nachrangiger Bedeutung.

Entsprechend der Kaskade aus (1) Weiterverwendung von Bauwerken (Umbau, Umnutzung) bzw. Bauwerksteilen (Weiterverwendung vorhandener Bausubstanz bei der Modernisierung oder beim Umbau von Gebäuden), (2) Wiederverwendung von Bauteilen (Bauteilrecycling) sowie (3) der stofflichen Verwertung und Aufbereitung (Materialrecycling), (4) der thermischen Verwertung und (5) der Deponierung von Materialien ist zunächst zu entscheiden, auf welcher Betrachtungsebene gearbeitet werden soll. Vorzuziehen ist zunächst ein Bauteil- bzw. Produktrecycling – siehe Abbildung 10. Diesem Bereich ist auch der Ansatz einer Wiederaufbereitung zuzuordnen. Hersteller von Bauteilen (z. B. Fenstern) und Systemen (z. B. Heizkessel) können dies durch Rücknahmegarantien unterstützen. Weitere Möglichkeiten bestehen im Leasen haustechnischer Systeme (vgl. beispielsweise Prestle 2019).

Abbildung 10 Begriffshierarchie vom Rohstoff zum Abfall und Nachnutzungsoptionen



Quelle: eigene Darstellung nach Neininger (2009)

Bauteilrecycling

Für eine Beschreibung der Einbausituation sowie der Lösbarkeit von Verbindungen bei Bauteilen bestehen die in Tabelle 17 genannten Möglichkeiten (vgl. Schneider et al. 2010, S. 129). Diese Vorgehensweise ist insbesondere geeignet bei Fenstern, Türen und haustechnischen Systemen sowie generell bei einer Fertigteilbauweise. Ein weiterer Anwendungsfall ist der Stahlbau.

Tabelle 17 Arten von Verbindungen und deren Trenn- bzw. Lösbarkeit

Lösbarkeit	Code	Beispiel	Definition (vgl. Schneider et al. 2010, S. 129
lösbar		form- und kraftschlüssige Verbindungen[7], z. B. verschraubt	„Lösbar ist eine Verbindung, wenn sie ohne plastische Verformungen oder Zerstörung beliebig oft demontiert oder gefügt werden kann (z. B. Schraubverbindung).“ Nur durch das Lösen von Verbindungen ist eine Wieder- oder Weiterverwendung von Bauteilen möglich. Für die Demontage ist die Trennung von Bauteilen an Verbindungsstellen von größter Bedeutung. Die Auswahl, Positionierung und Gestaltung von Verbindungen ist daher eine wesentliche Voraussetzung für den erneuten Einsatz von Produkten. Die mechanische Auflösung von Form- und Kraftschlussverbindungen gehört zu den gängigen Wieder- und Weiterverwendungsstrategien.“
bedingt lösbar		genietet	„Bedingt lösbar ist eine Verbindung, wenn die zu verbindenden Bauelemente nach der Demontage weiterhin bedingt brauchbar sind. Dies ist dann der Fall, wenn eines der Bauelemente oder beide plastisch verformt werden müssen, aber zurückverformt werden können, oder bei mittelbaren Verbindungen das Verbindungsmittel plastisch verformt werden muss (z. B. Nietverbindung: sie kann nur gelöst werden, wenn die Niete plastisch dauerhaft verformt wird. Die verbundenen Teile bleiben hingegen unbeschädigt).“
nicht zerstörungsfrei lösbar		geschweißt	„Unlösbar ist eine Verbindung, wenn eines oder beide der zu verbindenden Bauelemente zur Demontage zerstört werden müssen bzw. eine nicht wieder rückgängig zu machende plastische Verformung“ erfolgt (z. B. Schweißverbindung: sie lässt sich nur lösen, wenn die verbundenen Teile beschädigt werden).

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von Schneider et al. 2010

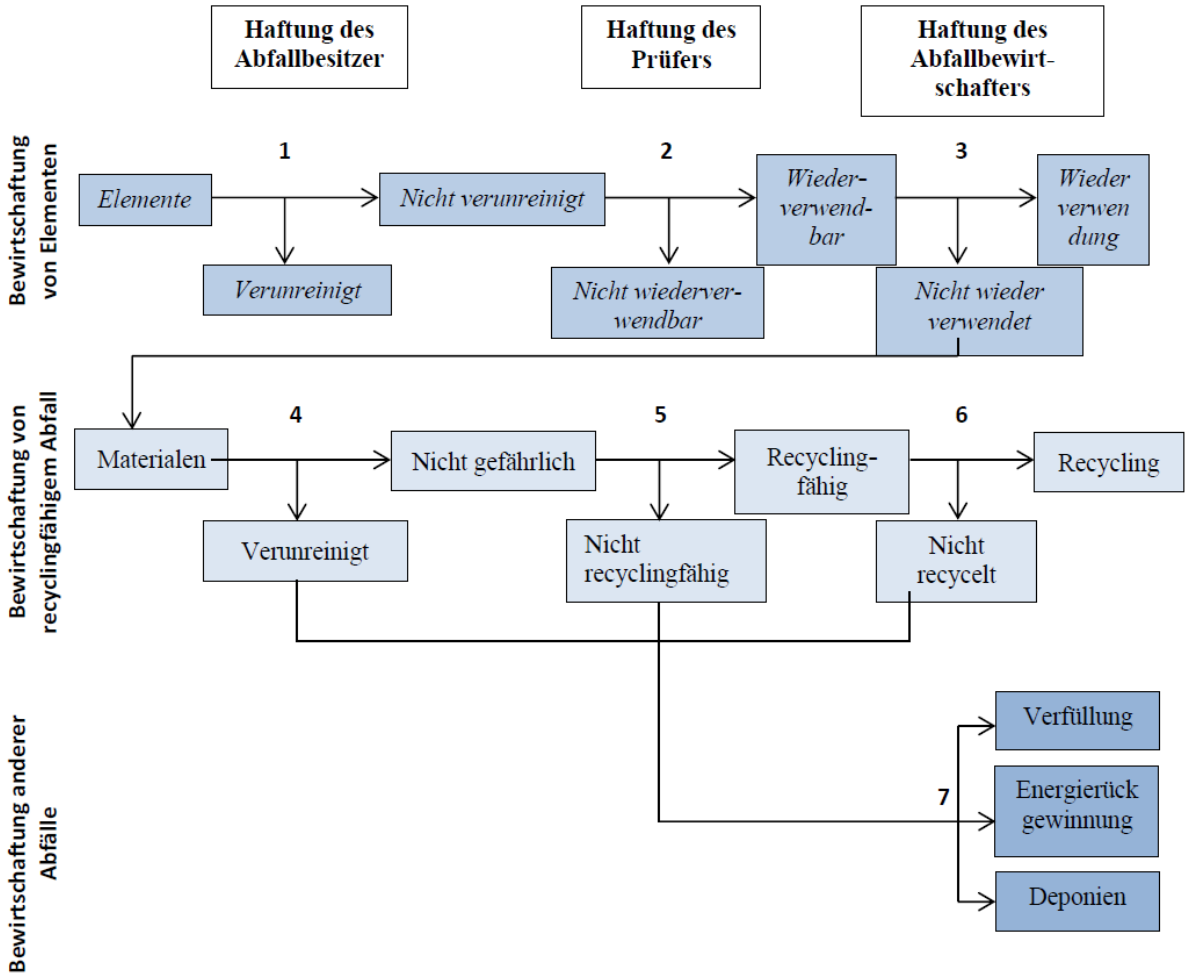
Häufig gibt es neben der Art der Verbindung weitere Aspekte des Einbaus, die sich auf die Rückbaufähigkeit in Richtung einer Wiederverwendung von Bauteilen (z. B. von Fenstern) auswirken. Dies sind insbesondere Fragen der Zugänglichkeit der Verbindungsstellen und der konkreten Verbindung sowie zur Art von Einbau und zum Vorhandensein von Abdichtungen (geschäumt, gestopft), Dichtungsbändern (geklebt), Deckleisten (genagelt, geschraubt, geklebt). Hier stellt sich die Frage, ob Anhaftungen am Bauteil verbleiben (im eingeschäumten Fall) oder nicht (Entfernung gestopften Füllmaterials). Fugen und deren Füllung stellen in der Regel jedoch kein großes Problem dar, da die Materialien mit entsprechendem Werkzeug mechanisch leicht entfernt werden können.

[7] Form- und Kraftschlussverbindungen werden durch die Verbindungsauswahl und die Positionierung demontagegerecht gestaltet. Faktoren, die von Bedeutung für die Demontage aller Verbindungsarten sind: (1) Art und Zahl der Verbindungen, (2) Zugänglichkeit der Verbindungsstellen, (3) notwendige Relativbewegung von Verbindungselementen oder Bauteilen und (3) notwendige Zeit, um die Verbindung oder Verbindungselemente zu trennen. Quelle: Schneider et al. 2010

Für ein Materialinventar stellt sich damit die Frage, ob Bauteile hinsichtlich eines möglichen Recyclings zunächst als solche über zusätzliche Stücklisten erfasst und/oder in verwendete Materialien bzw. Komponenten aufgeschlüsselt werden sollten.

Zwei Varianten können hier zunächst in der Planung und bei der Formulierung von Szenarien für Rückbau und Recycling in Erwägung gezogen werden: (a) weitgehende Wiederverwendung von Bauteilen bzw. (b) überwiegendes Baumaterialrecycling. Eine endgültige Entscheidung zwischen a) und b) ist ggf. erst im Rahmen der Rückbauplanung in Form eines Rückbau- bzw. Abfallaudits möglich (vgl. hierzu EU Kommission 2018) – siehe auch Abbildung 11.

Abbildung 11 Entscheidungsprozess bei der Erstellung des Bestandsverzeichnisses und der Formulierung der Bewirtschaftungsempfehlungen.



Quelle: EU Kommission 2018, S. 14

Von der Europäischen Kommission werden folgende Anforderungen an die Erstellung eines dem Rückbau vorgeschalteten Abfallaudits in Bezug auf Bauteile bzw. Elemente formuliert:

- „Ein Bestandsverzeichnis der Elemente, für die eine Zerlegung und Wiederverwendung empfohlen wird. Materialien, aus denen diese Elemente bestehen, sollten nicht aus dem Bestandsverzeichnis der Abfälle ausgeschlossen werden (wobei Ausnahmen vorkommen können, beispielsweise wenn der Audit Bestandteil des genehmigten Zerlegungsplans ist).

- Den Standort der Abfallmaterialien (und Elemente) im Gebäude, um eine möglichst hohe Effizienz und Sicherheit des Abbruch- oder Umbauvorhabens erzielen zu können.“ (EU Kommission 2018, S. 8)

Baustoffrecycling zur werkstofflichen und rohstofflichen Verwertung

Unterschiedliche Materialien werden i. d. R. zusätzlich zu Form- und Kraftschlussverbindungen durch Stoffschlussverbindungen miteinander kombiniert. Obwohl es möglich ist, solche Stoffschlussverbindungen unter Ausnutzung verschiedener Werkstoffeigenschaften aufzulösen, werden diese im Gegensatz zu Form- und Kraftschlussverbindungen i. d. R. als nicht trennbar eingestuft. Eine Betrachtung im Einzelfall ist jedoch sinnvoll. Z. B. lässt sich Stahlbeton mit stab- und mattenförmiger Bewehrung mit herkömmlicher Aufbereitungstechnik problemlos werkstofflich aufarbeiten. Bei Beton mit Stahlfaserbewehrung ist das so nicht möglich.

Ob eine teilweise zerstörungsfreie Trennung von Stoffschlussverbindungen generell möglich ist, hängt von der gewählten Verbindungsart ab. (vgl. Stewart 2000).

Tabelle 18 Überblick Fügetechniken

	Formschluss	Kraftschluss	Stoffschluss
Verbindungsart	Verbindung zweier Bauteile durch ihre Formgebung	Verbindung zweier Bauteile durch Reibung oder Feldkräfte	Verbindung von Bauteilen durch beteiligte Materialien
Einsatzzweck	Häufig und leicht zu lösen Verbindung von Bauteilen aus unterschiedlichen Werkstoffen	Einfache und kostengünstige Verbindungen Verbindung von Bauteilen aus unterschiedlichen Werkstoffen	Kostengünstiges Verbinden bei Einzelstücken und Kleinserien mit guter Reparaturmöglichkeit Verbindung von jeweils geeigneten Werkstoffen
Belastungsart	Aufnehmen von Relativbewegungen	Aufnehmen von Überlasten durch Rutschen	Aufnehmen mehrachsiger, auch dynamischer Belastungen
Beispiel	Schnapp- und Spannverbindungen, Band mit Schloss	Magnet- und Klettverbindungen, Schrauben	Löten, Schweißen, Kleben

Quelle: nach Beitz und Küttner 1990

Von der Europäischen Kommission werden folgende Anforderungen an die Erstellung eines dem Rückbau vorgeschalteten Abfallaudits in Bezug auf Materialien formuliert. Danach sind darzustellen

- „die Art des Materials; einzustufen als Inertabfall, als nicht inerter, nicht gefährlicher Abfall oder gefährlicher Abfall; dabei ist der Eural-Code (aus dem Europäischen Abfallverzeichnis) und eine Beschreibung zu nennen (da die Eural-Codes nicht genügend Informationen bereitstellen),
- eine Quantifizierung in Tonnen, Kubikmetern bzw. anderen maßgeblichen Maßeinheiten,
- die Qualität des Materials zur Beurteilung eventuell vorhandener Fremdbestandteile. Je weniger Fremdbestandteile die Abfallfraktion enthält, desto höher ist ihr möglicher Wert.“ (EU Kommission 2018, S. 8)

Deutlich werden die Anforderungen an ein bauwerksspezifisches Materialinventar, das mit seinen Informationen eine spätere Rückbauplanung unterstützen kann und soll. Es geht hier

einerseits um eine Zuordnung verbauter Materialien zum jeweiligen Code aus dem Abfallverzeichnis (der ggf. zu ergänzen und weiter zu untersetzen ist – siehe hierzu auch Abschnitt 4.4.3.3) sowie andererseits um eine Abschätzung des Risikos eines Vorhandenseins von Fremdbestandteilen. Hierauf haben auch Art der Verbindung von Materialien und die Möglichkeit ihrer Trennung einen Einfluss.

Im Rahmen des hier bearbeiteten Projektes wird von den Bearbeitern der Versuch unternommen, eine Typologie für Verbindungen, die Art ihrer Lös- bzw. Trennbarkeit und das Risiko von verbleibenden Anhaftungen des jeweils anderen Materials zu entwickeln. Anhaftungen können die Recyclingeigenschaften verschlechtern und so die Recyclingwahrscheinlichkeit reduzieren. Jeweilige Kurzbezeichnungen können zur Charakterisierung von Schichtgrenzen zwischen Materialien herangezogen werden. Sie sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19 Systematik zur Charakterisierung von Schichtgrenzen

Nr.	Art der Verbindung	Trennbarkeit / Lösbarkeit	Risiko von Anhaftungen
VB01	aufgelegt	1	a
VB02	(auf)geschüttet	2	a
VB03	geklemmt	1	a
VB04	verkeilt	2	a
VB05	geklebt	3	b
VB06	geleimt	3	b
VB07	gedübelt	2	a
VB08	geschraubt	1	a
VB09	genagelt	2	a
VB10	geklammert	2	a
VB11	geklickt	1	a
VB12	gelötet	3	b
VB13	(aus)geschäumt	3	b
VB14	(aus)gestopft	1	a
VB15	geschweißt	3	b
VB16	genietet	2	a
VB17	Klettverbindung	1	a
VB18	Magnetverbindung	1	a
VB19	zusätzlich vergossen	3	b
VB20	beschichtet	2	b
VB21	aufgetragen[8]	2	b
VB22	zimmermannsmäßige Verbindung	1	a
VB23	zusammengesetzt	1	a
VB24	gefüllt	3	b

Legende
1) ohne Schäden lösbar
2) i.d.R. ohne Schäden lösbar
3) i.d.R. nur mit Schädigung oder Zerstörung lösbar
a) i.d.R. keine Anhaftungen
b) i.d.R. Anhaftungen

Quelle: eigene Darstellung

[8] hier auch im Sinne von verputzt

Die hier vorgeschlagenen Kurzbezeichnungen können im Materialinventar in der Element-Version zur Beschreibung von Schichtgrenzen hinsichtlich Art der Verbindung und Möglichkeiten der Trennung herangezogen werden – siehe Abschnitt 3.5.3.

2.2.3.3 Neue Ansätze zur Beurteilung der Rückgewinnbarkeit und Recyclingfreundlichkeit

Das BBSR prüft im Rahmen der Weiterentwicklung des BNB-Kriteriums 4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung alternative Möglichkeiten einer Erfassung und Beurteilung der Rückgewinnbarkeit und Recyclingfreundlichkeit. Die Ergebnisse hierfür beauftragter Forschungsprojekte liegen nun vor.

Im Projekt „Sekundärbaustoff-Kreisläufe im BNB als Beitrag zum ressourceneffizienten Bauen“ (vgl. Figl und Thurner 2020) wurde der Ansatz einer überwiegend kreislaufwirtschaftsorientierten Einstufung von Materialien und Konstruktionen verfolgt. Dazu wurde ein Notensystem zur Bewertung der Recyclingfähigkeit von Schichtverbunden vorgeschlagen. Die Bedeutung der Beschreibbarkeit von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten nimmt dabei ab. Hintergrund waren Ergebnisse von Analysen, die auf Probleme bei der Einstufung von Verbindungen, der Charakterisierung von Möglichkeiten einer Trennung sowie bei der Abgrenzung zur Bewertung von Rückbau und Verwertung aufzeigten. Weiterhin wurde auf die Möglichkeit des Einsatzes von neueren Sortier- und Aufbereitungsanlagen hingewiesen.

BBSR präferiert einen system- bzw. technologiebezogenen Ansatz und arbeitet auf die Verbesserung konkreter Bewertungsmöglichkeiten hin.

„Die im Forschungsprojekt entwickelte Bewertungsmethode beruht auf der Erfassung der eingesetzten Bauteile, welche virtuell in kleinere, nicht mehr mit wirtschaftlichem Aufwand trennbare Fraktionen zerlegt werden. Den Baustofffraktionen werden End-of-Life-Szenarien zugeordnet. Jedes End-of-Life-Szenario ist mit einer Note versehen. Die Fraktionen werden einmal auf Basis der aktuellen Entsorgungspraxis und einmal auf Basis von in Entwicklung befindlichen Verwertungsverfahren benotet. Die beiden Noten werden in Abhängigkeit eines Technologiefaktors gemittelt. Die Noten auf Schichtebene werden mit einem mengengewichteten Ansatz zu einem Summenparameter auf Bauteil- und Gebäudeebene zusammengefasst.“ (Figl und Thurner 2020, S. 4)

Im Themenbereich der Weiterentwicklung von BNB 4.1.4 wird ein Verbesserungspotenzial hinsichtlich einer klaren Abgrenzung der Recyclingklassen, der Rangordnung von energetischer und stofflicher Verwertung sowie der Formulierung von Planungshilfen gesehen.

Im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau wurde das Projekt "Das selektive Gebäude - Voraussetzung für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft“ (AN: Brandenburgische TU Cottbus, Prof. Mettke, vgl. btu 2019) fertiggestellt. Im Ergebnis dieses Projektes werden konkrete Maßnahmen für den Hoch- und Tiefbau vorgeschlagen, die in den verschiedenen Lebenszyklusphasen ergriffen werden müssen, um nach Nutzungsende des Bauwerkes die sortenreine Erfassung der verschiedenen Baumaterialien durch selektiven Rückbau gewährleisten zu können.

Die Erprobung und Umsetzung der in den Forschungsprojekten entwickelten Vorschläge und Ansätze ist noch nicht abgeschlossen. Für eine Übergangsphase wird für unbewertete Materialinventare die Beschreibung von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten beibehalten. Dies wird als eine technische Information betrachtet, die jederzeit auch neu bewertet werden kann.

3 Materialinventare auf Bauwerksebene

3.1 Materialinventar – Begriff und Definition

Seit Jahrzehnten wird in Europa nach Instrumenten gesucht, welche die Transparenz im Immobilienmarkt verbessern und die negativen Auswirkungen einer adversen Selektion (Orientierung der Nachfrager ausschließlich an Preissignalen) reduzieren können. Solche Instrumente werden benötigt, um Mieter und Käufer Informationen zu relevanten Merkmalen und Eigenschaften zur Verfügung stellen zu können, Wertermittlern und Sachverständigen eine Informationsgrundlage zu bieten, Besitzer und Investoren in Richtung einer Verbesserung der Gebäudequalität zu motivieren und – mit wachsender Bedeutung – eine Entscheidungsgrundlage für Banken und Versicherungen zur Verfügung zu stellen.

Während in Europa und in Deutschland im Bereich energetischer Eigenschaften durch die Einführung und Nutzung von Energieausweisen ein zumindest befriedigender Zwischenstand erreicht werden konnte, stehen umfassende und allgemein anerkannte Lösungen für die Bereitstellung und Weitergabe von Informationen zu sonstigen relevanten Gebäudemerkmalen noch aus. Zwar gibt es zu diversen Einzelaspekten Insellösungen, darunter spezielle Informationen zur Widerstandsfähigkeit von Gebäuden gegenüber Hochwasser (Hochwasserpass, vgl. UBA 2018a) oder zur Schallschutzqualität (Schallschutzpass, vgl. Kurz 2007). Trotz diverser Ansätze existiert jedoch bisher keine allgemein anerkannte Vorgehensweise zur Beschreibung der in Gebäuden verbauten Materialien bzw. zu den Stoffströmen im Lebenszyklus.

Sowohl in Europa als auch insbesondere in Deutschland wird seit Jahrzehnten der Ansatz von Gebäudepässen/Hausakten (vgl. BMVBW 2002) verfolgt. Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Bezeichnungen für i.d.R. vergleichbare Instrumente zur lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation. Aktuelle Ansätze werden im Rahmen der Global Alliance for Buildings and Construction (ABC) zum Building Passport (in Anlehnung an ein energy performance certificate bzw. einen Energieausweis, GDS o.J.) und durch die Europäische Kommission mit dem Projekt zum Digital Logbook für Gebäude verfolgt (vgl. EU Kommission 2019, siehe auch Abschnitt 3.3.3). Dabei war lange nicht klar, welchen Charakter ein derartiges Instrument hat und welchen Zielen es dienen soll. Die Auffassungen schwankten zwischen einem Qualitätssicherungssystem, einem Bewertungssystem/Gütesiegel, einer Baubeschreibung, einer Wartungsanleitung, einer Betriebsanleitung oder einer Sammlung relevanter Dokumente. Mit der Einführung von Nachhaltigkeitsbewertungssystemen zeichnet sich zumindest eine Arbeitsteilung zwischen bewertenden und beschreibenden Ansätzen ab. Während Nachhaltigkeitsbewertungssysteme der Bewertung und Zertifizierung von Gebäuden dienen, können sich nun Gebäudepässe auf beschreibende/dokumentierende Aufgaben konzentrieren. Es besteht eine enge Wechselwirkung: Zertifizierungssysteme können die Erstellung von Gebäudepässen fordern und deren Umfang und Qualität bewerten, Gebäudepässe können die Ergebnisse einer Nachhaltigkeitsbewertung aufnehmen und verwalten.

Ein Gebäudepass/eine Hausakte übernimmt heute die Funktion einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation und hält Informationen vor, die Eigentümer und Dritte (u. a. Wertermittler, Makler) benötigen. Sie müssen vorgehalten, aktualisiert und ergänzt werden. In jedem Fall hat das Konzept eines Gebäudepasses einen breiteren Ansatz als die Beschreibung der im Gebäude verbauten Materialien und/oder der Stoffströme im Lebenszyklus eines Gebäudes, auch wenn dies wesentliche Teilinformationen sind. Der Begriff „Gebäudepass“ wird im Projekt als Oberbegriff für eine Objekt- oder Bauwerksdokumentation im Sinne einer Sammlung strukturierter Informationen verwendet. Information zu Art und Menge verbauter Materialien sind dann ein Teilaspekt eines Gebäudepasses.

Seit einiger Zeit wird, teilweise unabhängig von der Diskussion zu Gebäudepässen, die Einführung von Stoff[9]- oder Materialpässen für Gebäude diskutiert. Ziel ist die strukturierte Erfassung der beim Bau eingesetzten Produkte und Materialien. Die Bezeichnung „Pass" suggeriert ggf. ein eigenständiges, unabhängiges Dokument. Im EU-Projekt BAMB (siehe BAMB 2016a) wird der Begriff „material passport" in einem neuen Zusammenhang verwendet. Er stellt hier eine Zusammenfassung von Produkteigenschaften dar, die speziell für ein Recycling und eine circular economy von Bedeutung sind[10].

Vorgeschlagen wird, das Thema der Erfassung und Beschreibung der in einem Bauwerk verbauten Materialien (Lager) eines Gebäudes einschließlich seiner In- und Outputs im Lebenszyklus als „**Materialinventar**" zu bezeichnen. Unter einem „Inventar" wird allgemein ein „Verzeichnis aller zu einem Betrieb, Haus oder Raum gehörenden Gegenstände" verstanden, insofern bietet sich diese Formulierung an. Die Bezeichnung befindet sich in guter Übereinstimmung mit dem Ansatz „inventory", der Sachbilanz einer Ökobilanz. Auch für diese Sachbilanz sind Art und Menge verbauter Materialien zu ermitteln.

Das Materialinventar in Bezug auf Einzelbauwerke ergänzt sinnvoll den Ansatz der Materialkataster für zusammenhängende Gebäudebestände. Gebäude und Gebäudebestände können u. a. als Material- bzw. Stofflager (material banks) betrachtet werden. Sie sind damit eine Quelle für die Gewinnung von Sekundärrohstoffen im Rahmen eines Urban Mining. In diesem Kontext hatte das Umweltbundesamt (UBA) bereits die Rolle von Unterlagen zur Erfassung und Beschreibung verbauter Materialien (Materialpässe) und ihr Verhältnis zu Gebäudepässen definiert: "*Ein vorausschauendes, geeignetes Instrument zum Urban Mining stellen Materialpässe dar. Denn um zukünftig ein hochwertiges Recycling zu unterstützen, müssen die notwendigen Daten und Informationen zu Bauwerken vorliegen, bevor ein Umbau, Rückbau oder der Abriss ansteht. Ein Gebäudepass, der neben dem Energieausweis auch einen Materialpass enthält, kann hierfür für Einzelobjekte ein geeignetes Instrument sein*." (UBA 2017, S. 56).

Materialinventar wird hier als eine strukturierte Beschreibung der in einem Bauwerk verbauten Materialien, Bauteile und haustechnischen Systeme definiert. Angegeben werden im Minimum Art und Menge verbauter Materialien. Ergänzend können Informationen zum Einbauort, zur Einbausituation (Art der Verbindung, Möglichkeit der Trennbarkeit) sowie zu Herstellernamen und Produktbezeichnern zur Verfügung gestellt werden. Materialinventare können elektronisch erzeugt und vorgehalten werden. Ihr Inhalt sollte zunächst der Situation bei Übergabe entsprechen, eine lebenszyklusbegleitende Fortschreibung und Aktualisierung wird empfohlen. Soweit möglich sollte ein Materialinventar Rückschlüsse auf Art und Umfang in Anspruch genommener natürlicher Ressourcen und Sekundärrohstoffe sowie auf Zeitpunkt, Art, Menge und Qualität des bei Ersatz von Bauwerksteilen oder dem Rückbau von Bauwerken anfallenden und wieder zur Verfügung stehenden Materials zulassen.

Bei der Ausgestaltung von bauwerksspezifischen Materialinventaren stellt sich die Frage danach, was genau dargestellt werden soll. Handelt es sich um

1. die verbauten Materialien/das Stofflager (statisch/Momentaufnahme),
2. (zusätzlich) die in Anspruch genommenen Ressourcen im Sinne natürlicher Rohstoffe,
3. (zusätzlich) den Stoffstrom im Lebenszyklus mit Input/Output (dynamisch),
4. (zusätzlich) das Wiedergewinnungs-/Recyclingpotenzial (für Urban Mining),
5. (zusätzlich) die potenziell entstehenden Bauabfälle differenziert nach Abfallkategorien,

[9] vgl. DBU (o.J.)

[10] "The electronic Materials Passports developed in BAMB aim to be a one stop shop for material information. Materials Passports developed in BAMB are sets of data describing defined characteristics of materials in products that give them value for recovery and reuse." (BAMB 2016b)

6. (zusätzlich) den Aufwand an Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar für die Herstellung der Materialien,
7. (zusätzlich) die Treibhausgasemissionen, die aus der Herstellung und Bereitstellung der Materialien resultieren?

Im Kontext des hier bearbeiteten Projektes stand zunächst die Möglichkeit der Unterstützung von Rückbau- und Recyclingprozessen im Vordergrund. Derzeit gibt es aber in der Europäischen Kommission und auch in Deutschland zunehmend Fragen zur Ausgestaltung der Grundanforderung Nr. 7 (Anhang I) der EU Bauproduktenverordnung: Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (EU 2011). Insofern entwickelt sich zusätzlich ein Interesse an einer Beschreib- und Bewertbarkeit der Inanspruchnahme von Ressourcen im Kontext der Errichtung und Erhaltung von Bauwerken sowie der Verbesserung der Ressourceneffizienz. Auch hierfür können und sollen bauwerksspezifische Materialinventare eine Grundlage bilden. Damit ergeben sich Querbezüge zu den Managementregeln einer nachhaltigen Entwicklung (vgl. Bundesregierung o.J.):

- „Erneuerbare Naturgüter (wie z. B. die Wälder oder die Fischbestände) dürfen auf Dauer nur im Rahmen ihrer Fähigkeit zur Regeneration genutzt werden.
- Nicht erneuerbare Naturgüter (wie z. B. mineralische Rohstoffe oder fossile Energieträger) dürfen auf Dauer nur in dem Umfang genutzt werden, wie ihre Funktionen durch andere Materialien oder durch andere Energieträger ersetzt werden können.
- Die Freisetzung von Stoffen darf auf Dauer nicht größer sein als die Anpassungsfähigkeit der natürlichen Systeme, z. B. des Klimas, der Wälder und der Ozeane.
- Gefahren und unvertretbare Risiken für die menschliche Gesundheit sind zu vermeiden.“ (Bundesregierung o.J. S. 1)

Bei der Beschreibung und Bewertung der stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken gibt es nach Einschätzung der Bearbeiter u. a. Interesse an folgenden Informationen:

a) Welche Materialien/Ressourcen werden durch die Herstellung und Errichtung des Gebäudes (sowie durch seine Instandhaltung während seiner Lebens-/Nutzungsdauer) in Anspruch genommen – dargestellt in Form von Indikatoren wie ADP, elements und ADP, fossil? (*Aspekt der Nachhaltigkeitsbewertung*) bzw. in Mengen an Materialen, Bauteilen und Systemen, ggf. rückverfolgbar bis zu ausgewählten Gruppen von Ressourcen (*Aspekt des Ressourcenmanagements*)
b) Wieviel Primärenergie („Graue Energie“) und Treibhausgasemissionen („Graue Emissionen“) sind in den Konstruktionen „vergegenständlicht“ und können als „ökologischer Wert“ interpretiert werden? (*Aspekt der Nachhaltigkeitsbewertung, des Ressourcenmanagements und des Klimaschutzes*)
c) Wieviel Kohlenstoff ist in den Materialien gespeichert (carbon content)? (*Aspekt des Klimaschutzes*)
d) Wann werden infolge von Ersatzinvestitionen bzw. eines Rückbaus welche Mengen an welchen Materialien in voraussichtlich welchem Zustand für ein Recycling zur Verfügung gestellt? (*Aspekt der Standort- und Kapazitätsplanung für Entsorger sowie des Ressourcenmanagements*)
e) Welche konkreten Bauprodukte (Produktbezeichnung) von welchem Hersteller (Herstellername) wurden wann, wo und wie verbaut? Welche Wirkungen auf Gesundheit und lokale Umwelt gehen u. U. von diesen aus? Möglich wird so die Rückverfolgung konkreter

Produkte zum Zwecke des Auffindens von Zusatzinformationen, wenn z. B. heute als unbedenklich eingestufte Materialien und Stoffe in Zukunft als gesundheits- oder umweltproblematisch identifiziert werden bzw. zur Wahrnehmung von Ansprüchen. (*Aspekt des Umwelt- und Gesundheitsschutzes, Aspekt der Rückverfolgbarkeit bis zum Hersteller im Rahmen der Produktverantwortung*)

Sich hieraus ergebende grundsätzliche Anforderungen an ein Materialinventar im Kontext der Anforderungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz werden nachstehend diskutiert.

3.2 Beispiele zu Gebäudepässen und Materialauszügen

Neben allgemeinen Zielen und konkreten Empfehlungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz im Baubereich existieren konkrete Anforderungen und Vorstellungen zu Art und Umfang einer Erfassung und Beschreibung der in Bauwerken verbauten Materialien. Sie beschäftigen sich entweder mit der Erfassung des Zustands bei Übergabe des Bauwerks inkl. der Rückverfolgung bis zur Ressourceninanspruchnahme oder mit der Vorbereitung eines Rückbaus. Zusätzlich beschäftigten sich eine Reihe von Projekten und Veröffentlichungen mit der Vorstellung von Ansätzen zur Erfassung und Dokumentation verbauter Materialien bzw. der stofflichen Zusammensetzung von Gebäuden. Sie bilden damit einen Teilaspekt der bereits seit Jahrzehnten andauernden und noch immer nicht abgeschlossenen Diskussion zu Gebäudepässen, Hausakten bzw. sonstigen Formen einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation, hier bezogen auf Material- und Ressourcenaspekte.

3.2.1 Projekt BIMaterial - Prozess-Design für BIM-basierten Gebäudepass

Das inzwischen abgeschlossene Projekt BIMaterial der Technischen Universität Wien befasste sich mit der Entwicklung einer Methodik zur semi-automatisierten Erstellung eines materiellen Gebäudepasses aus BIM. Unter Nutzung von Datenbanken wurde das Ziel verfolgt, ein BIM-gestütztes Ökobilanzierungswerkzeug zu entwickeln. Das Werkzeug dient einer automatisierten Mengen- und Massenermittlung der Materialien im Bauwerk. Dies sollte sowohl der lebenszyklusorientierten Planung, der Erstellung eines Rückbaukonzepts und der Dokumentation der Materialienzusammensetzung als auch als Datenquelle bei Inbetriebnahme und Rückbau dienen (Kovacic 2017). In einem nächsten Schritt sollte die Entwicklung eines Softwareprodukts zur automatisierten Erstellung materieller Gebäudepässe aus BIM vorbereitet werden. Zusätzlich wurde die Möglichkeit eines flächendeckenden Sekundärrohstoffkatasters anhand von Geoinformationssystemen (GIS) diskutiert. Bisher wurden noch keine konkreten Ansätze für Gebäudepässe oder Materialinventare vorgestellt. Diskutiert wurde die Bewertbarkeit der Recyclingfähigkeit von Gebäuden anhand einer Recyclingnote und eines Entsorgungsindikators, dargestellt in Abbildung 12. Die Recyclingnote von 1-5 für ein Gebäude ergibt sich dabei als Anteile an Recycling und Abfall, mit der Note 1 für mindestens 75 % Recycling und 25 % Abfall und der Note 5 für 0 % Recycling. Der Entsorgungsindikator ist eine flächengewichtete Note, die zusätzlich das Entsorgungs- und Verwertungspotential sowie das anfallende Volumen berücksichtigt. Eine Auswertung der Materialmengen wird im materiellen Gebäudepass grafisch dargestellt (vgl. Kovacic et al. (2018)). Die erarbeiteten Lösungsansätze werden aktuell in einem Folgeprojekt weiterentwickelt (vgl. dazu Abschnitt 3.2.2).

3.2.2 Projekt SCI_BIM

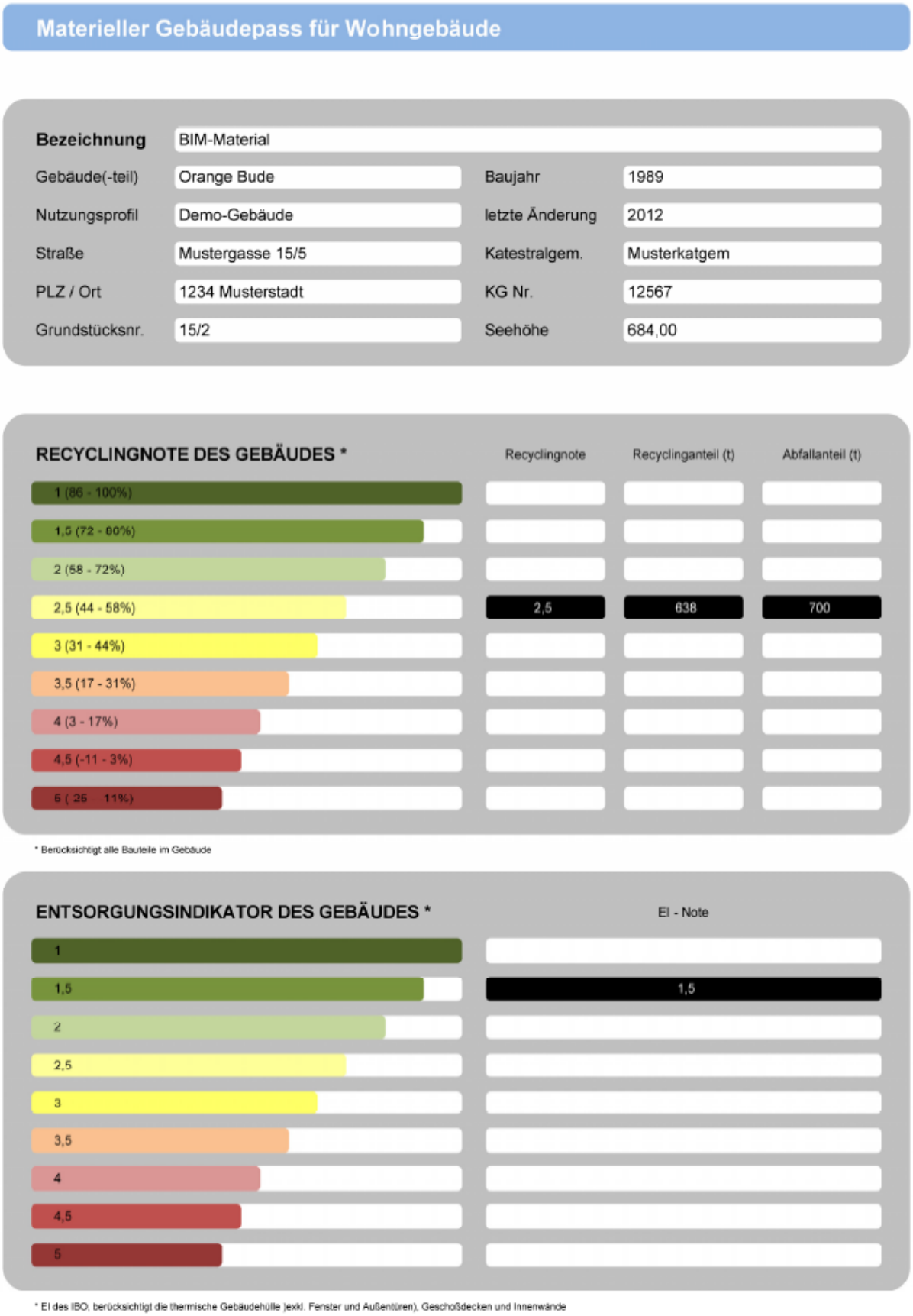
Das inzwischen abgeschlossene Projekt *Scanning and data capturing for Integrated Resources and Energy Assessment using BIM* schließt an das oben vorgestellte Vorhaben BIMaterial der TU Wien an. Für die Ermittlung der Materialzusammensetzung eines Beispielgebäudes soll dabei ein Georadar zum Einsatz kommen und zur Geometrieermittlung sollen Laserscanning und Photogrammetrie verwendet werden. Darüber hinaus sollen in dem Projekt neuartige Methoden

wie beispielsweise Gamification-Konzepte für die Energieoptimierung und die Dokumentation baulicher Veränderungen getestet werden. NutzerInnen sollen eine App auf ihr Smartphone installieren und darüber z. B. Fotos zur Gebäudenutzung (offene Fenster, Beleuchtung usw.) bereitstellen. Diese Informationen sollen über die Gamification-Plattform hochgeladen und in das BIM-Modell eingebaut werden. So soll *„das ‚as-built BIM' semi-automatisch instandgehalten* [werden] *und die Grundlage für BIM für Facility Management (BIM4FM)" bilden* (BMK, o.J.).

Dieser Ansatz könnte für eine nachträgliche Erstellung von Material-Inventaren bei bereits bestehenden Gebäuden oder zur Erstellung eines Rückbau-Audits Lösungen anbieten[11]. Erste Ergebnisse weisen allerdings auf Schwierigkeiten hin, da automatisierte sowie manuelle Messungen aufwändig nachbereitet werden müssen und die Bereitstellung von Daten durch die Nutzer („Gamefication") von deren Motivation abhängt (vgl. Honic und Kovacic 2020).

[11] Das Projekt ist noch nicht abgeschlossen. Aktuelle Informationen sind über die Projektseite zugänglich. Vgl. TU Wien 2020

Abbildung 12 Materieller Gebäudepass Seite 1



Quelle: Kovacic et al. 2018, S. 42

3.2.3 Projekt Buildings as Material Banks

Im Rahmen des von der EU finanzierten Programms "Horizon 2020" arbeiteten seit September 2015 fünfzehn Partnerorganisationen aus sieben europäischen Ländern an dem Projekt Buildings As Material Banks (BAMB) zusammen, um die Grundlagen für eine Kreislaufwirtschaft im Baubereich zu schaffen (vgl. BAMB 2016a). Durch eine Verbesserung der Informationsbereitstellung und Dokumentation von Bauprodukten und Bauwerken sollten u. a. der Wert von Rückbauabfällen gesteigert und so Anreize geschaffen werden, diese Materialien im Kreislauf zu halten, statt diese zu deponieren oder einer geringwertigen Verwendung zuzuführen.

BAMB sollte einen systemischen Wandel unterstützen, bei dem dynamisch und flexibel gestaltete Gebäude in eine Kreislaufwirtschaft eingebunden werden können. Durch Design und kreislaufgerechte Wertschöpfungsketten sollten die in Gebäuden verbauten Materialien ihren Wert erhalten sowie der Baubereich weniger primäre Ressourcen verbrauchen und weniger Abfall produzieren. Gebäude werden als Rohstofflager interpretiert.

Im Projekt entwickelte Instrumente sollen dies unterstützen: Materialpässe und flexible Gebäudeentwürfe, eingebunden in Geschäfts- und Entscheidungsmodelle. Im Laufe des Projekts wurden diese neuen Ansätze an sechs Pilotprojekten demonstriert.

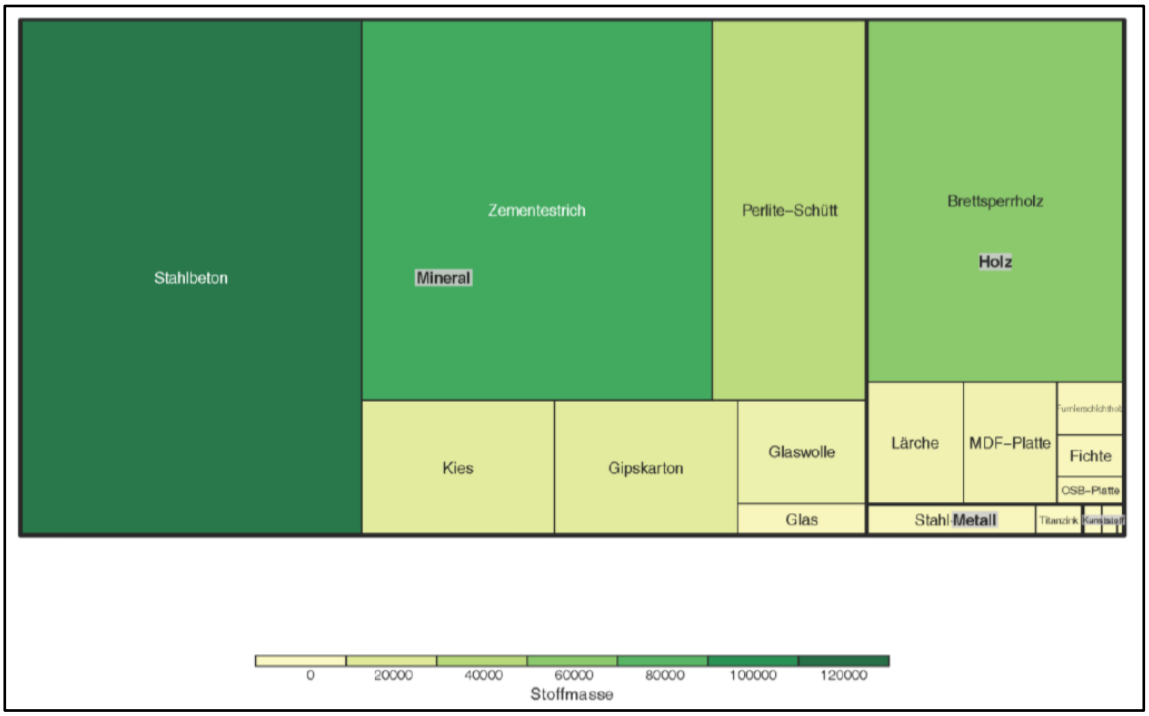
3.2.4 Buchveröffentlichung Materials Passports – Best Practice

In der Buchveröffentlichung *Materials Passports*- (Heinrich und Lang 2019) werden Ergebnisse aus Praxisanwendungen BIM-gestützter vorgestellt. U. a. werden Kategorien von Produkt- und Materialeigenschaften, LCA-Datenbanken, Indikatoren, Gebäude- und Produkt-Zertifizierungen reflektiert und Akteure der Bauwirtschaft benannt, die im Kontext der Anwendung der Materialpässe angesprochen werden sollen. Die Ausführungen bleiben sehr allgemein, explizite Bauwerksbetrachtungen oder explizite Beispiele für Materialinventare für Gebäude werden nicht konkretisiert.

3.2.5 Projekt Stoffpass Gebäude

Das von der DBU geförderte Instrument „*Stoffpass Gebäude - Entwicklung von Grundlagen für das operative Ressourcenmanagement im Real-estate development und Baukonstruktion*“ (Ott und Hausmann 2015), das am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion sowie in der Holzforschung an der Technischen Universität München entwickelt wurde, hatte zum Ziel, die materielle Zusammensetzung von Neubau- und Bestandsgebäuden zu inventarisieren und in einer Stoffverteilung, bzw. Stoffmassenbilanz auszuweisen. Dazu wurden zunächst die Gebäudeinformationen zu Gesamtflächen und -volumen als Ausgangsdaten herangezogen und durch Bauteil- und Konstruktionsangaben vervollständigt. Auf diese Weise sollten die Hürden für den Rückbau und die Trennung von Baustoffen, die aus einem gesteigerten Verbrauch, einer zunehmenden Stoffvielfalt und einer komplexen Stoff- und Materialzusammensetzung von Bauprodukten hervorgehen, abgebaut werden. Abbildung 13 zeigt ein Anwendungsbeispiel, wie die materielle Zusammensetzung von Bauwerken oder Quartieren graphisch dargestellt werden kann. Das Beispiel zeigt die materielle Zusammensetzung eines neu errichteten Wohnquartieres mit 1.000 Einheiten in München.

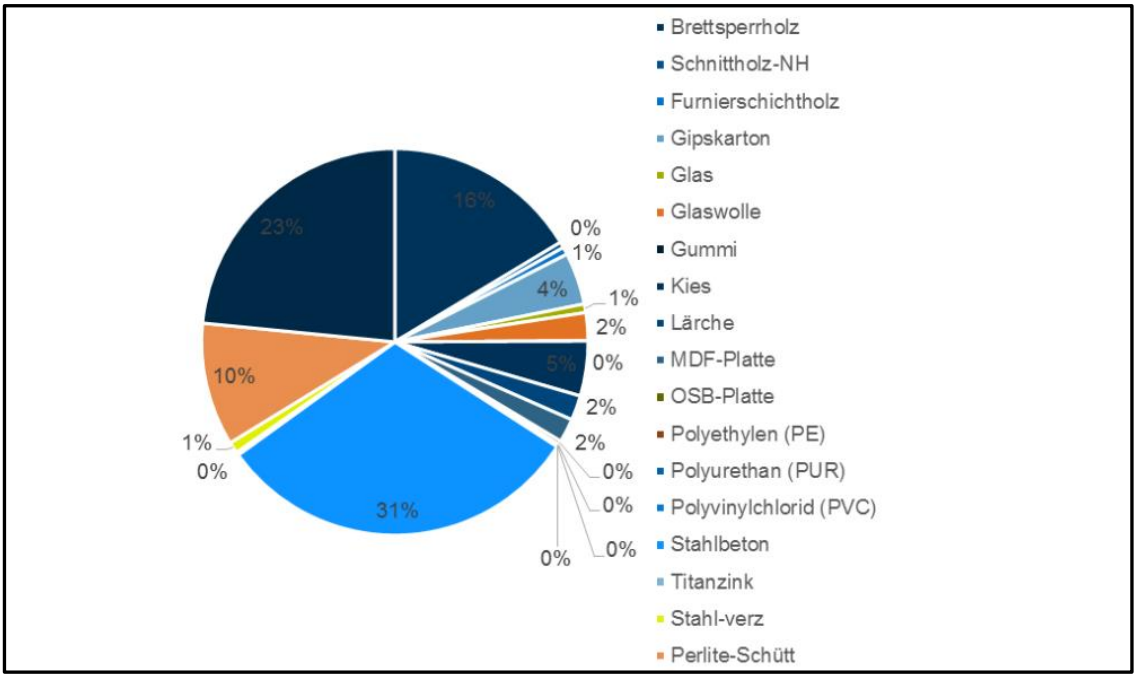
Abbildung 13 Auswertung der Stoffmassen in einer treemap



Quelle: Ott und Hausmann 2015, S. 92

Alternative Darstellungen der Aufteilung und Bilanzierung von Stoffen, die im Projekt Stoffpass Gebäude angewandt werden, zeigen das Ressourcendiagramm in Abbildung 14, der Vergleich verschiedener Entwurfsvarianten in Abbildung 15, die Stoffliste in Abbildung 16, die Auflistung von Bauprodukten je Bauteil in Abbildung 17 sowie die detaillierte Darstellung eines Bauteils mit Angabe der Massen der jeweiligen Schichten in Abbildung 18.

Abbildung 14 Erstellung eines Ressourcendiagramms zur Kommunikation der Stoffdiversität



Quelle: Ott und Hausmann 2015, S. 79

Abbildung 15 Darstellung der wesentlichen stofflichen Kennzahlen der vier Entwurfsalternativen zur Fallstudie 1

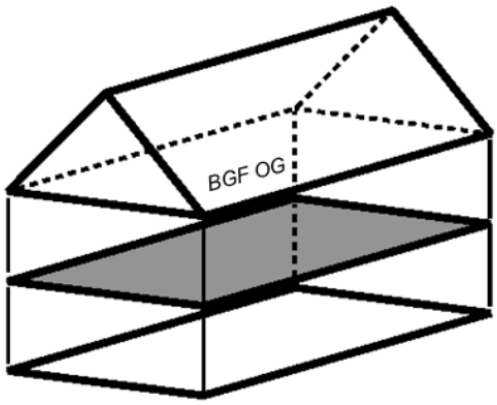
Vorentwurfsphase					
		Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D
Masse [kg]		1619356,35	2039043,89	2055366,81	2413267,80
Diversität		16	13	17	19
Hauptbaustoffe:					
	Glas [kg]	21118,69	33921,12	23219,04	18987,84
	Gummi [kg]	481,50	745,11	532,83	425,47
	Holz [kg]	578353,72	437577,96	274749,45	669715,36
	Kunststoff [kg]	3386,47	2718,69	5545,74	32735,10
	Metall [kg]	4815,00	7451,05	5328,25	4254,73
	Mineral [kg]	1011200,97	1556629,96	1745991,51	1687149,31
BGF [m²]		4554,99	5872	5501,7	5114
WF [m²]		3634	5201,4	5222,7	3460
GST [m²]		8435	8435	8435	8435
M/BGF [kg/m²]		355,51	347,25	373,59	471,89
M/WF [kg/m²]		445,61	392,02	393,54	697,48
M/GST [kg/m²]		191,98	241,74	243,67	286,10
M = Masse, BGF = Bruttogeschoßfläche, WF = Wohn-/Nutzfläche, GST = Grundstücksfläche des Baufeldes					

Quelle: Ott und Hausmann 2015, S. 89

Abbildung 16 Verknüpfung von Stofftypen mit Baumassen

Bauteilflächen

Bauteile	Gesamtflächen [m²]
Wohnfläche insgesamt	560
Bodenplatte	223,17
Außenwand	628,39
Außentüren-/fenster	112,00
Innenwand	167,89
Wohnungstrennwand	34,68
Geschossdecke	426,25
Dach	213,13



Stoffliste mit –masse (externe Indikatoren)

Baustoff	Stoffmasse	PERT [MJ]	PERNT [MJ]	PE erneuerbar [MJ/kg]	PE nicht erneuerbar [MJ/kg]
Brettsperrholz	60989,5895	1831801,06	444555,182	30,0346514	7,28903384
Schnittholz-NH	1815,0748	34108,0294	10432,1575	18,7915282	5,74750831
FSH	2337,98783	80993,682	45218,5021	34,6424737	19,3407773
Gipskarton	16185,0375	2994,23194	61179,4418	0,185	3,78
Glas	2688	0	63840	0	23,75
Glaswolle	8730,04708	21039,4135	252385,661	2,41	28,91
Gummi	56	86,24	6721,12	1,54	120,02
Kies	17050,4	147,997472	11304,4152	0,00868	0,663
Lärche	7741,7648	146470,254	54126,7454	18,9194915	6,99152542
MDF-Platte	7420,02912	120070,499	90009,0755	16,1819444	12,1305556
OSB-Platte	1213,1069	27378,1183	9544,44433	22,568595	7,8677686
Polyethylen (PE)	121,44154	354,609297	10932,1674	2,92	90,02
Polyurethan (PUR)	283,926258	3833,00448	35717,9233	13,5	125,8
Polyvinylchlorid (PVC)	399,61875	1926,16238	39961,875	4,82	100
Stahlbeton	115097,5	33679,93	401474,528	0,29262087	3,48812553
Titanzink	975,168	11702,016	74112,768	12	76
Stahl-verz	3492,566	7479,91218	124786,473	2,14166667	35,7291667
Perlite-Schütt	38362,5	6505,12913	58376,2163	0,16957	1,5217
Zementestrich	87259	2172,7491	136124,04	0,0249	1,56

Quelle: Ott und Hausmann 2015, S. 80

Abbildung 17 Auflistung von Bauprodukten je Bauteil im Projekt Stoffpass Gebäude

Material/Produktgruppe	Außenwand	Masse [kg/m²]	Verbaute Gesamtmenge	Anteil an Gesamtmenge %
Mineral	Gipskarton	11,25	32197,16	13,17%
Holz	Brettsperrholz-Massivwand	29,75	85143,61	34,84%
Holz	FJI 58x300, gedämmt,e=625mm gegliedert in:		0,00	0,00%
Holz	FJI 58x300 Träger gedämmt	6,06285	17351,69	7,10%
Holz	Furnierschichtholz	3,7206	10648,25	4,36%
Holz	OSB Steg	1,9305	5525,03	2,26%
Mineral	Glaswolle (Träger)	0,41175	1178,42	0,48%
Mineral	Glaswolle (Zwischenraumdämmung)	6,825	19532,95	7,99%
Holz	DWD- Platte (mitteldichte Faserplatte)	11,808	33794,14	13,83%
Holz	Konterlattung (Nadelholz)	1,32	3777,80	1,55%
Holz	Doppelfalzschalung, Lärche	12,32	35259,47	14,43%
	Summe	**85,3987**	**244408,5174**	**100,00%**
	Fenster			
Glas	3 fach Wärmeschutzverglasung	24	21118,6896	62,66%
Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	7743,51952	22,98%
Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	439,9727	1,31%
Metall	verzinkter Stahl	5	4399,727	13,05%
	Summe	**38,3**	**33701,90882**	**100,00%**
	Außentür			
Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	730,88	61,54%
Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	41,53	3,50%
Metall	verzinkter Stahl	5	415,27	34,97%
	Summe	**14,3**	**1187,68**	**100,00%**
	Geschossdecke			
Mineral	Zementestrich	100	434749,00	38,59%
Kunststoff	Polyethylen-Folie (Trennlage)	0,187	812,98	0,07%
Mineral	Trittschalldämmung Isover Akustic EP1 (Glaswolle)	2,8	12172,97	1,08%
Mineral	Fermacell Wabenschüttung	90	391274,10	34,73%
Holz	Brettsperrholz- Massivdecke	66,15	287586,46	25,53%
	Summe:	**259,137**	**1126595,52**	**100,00%**
	Dach			
Mineral	Kies oder Substrat	80	109802,4	51,44%
Kunststoff	Dachabdichtung (PVC-Kunststoffdichtungsbahn)	1,875	2573,49	1,21%
Mineral	Wärmedämmung (Glaswolle)	7,5	10293,98	4,82%
Holz	Brettsperrholz-Massivdecke	66,15	90792,86	42,53%
	Summe:	**155,525**	**213462,7283**	**100,00%**

Quelle: Ott und Hausmann 2015, S. 127

Abbildung 18 Massenbilanz der Holzbau-Außenwand

Konstruktionsaufbau der Außenwand		**Fläche: 628,39 m²**
Nr.	**Stoffinhalte:**	**Massen am Gebäude [kg]**
1	Gipskarton	7069,39
2	Brettsperrholz-Massivwand	18694,6
3	FJI 58x300, gedämmt, e=625 mm	8098,6
3a	FJI 58x300 Träger gedämmt	3809,83
3aa	Furnierschichtholz	2337,99
3ab	OSB-Steg	1213,11
3ac	Dämmung (Glaswolle)	258,74
3b	Dämmung (Glaswolle)	4288,76
4	DWD-Platte (mitteldichte Faserplatte)	7420,03
5a	Konterlattung (Nadelholz)	829,47
5b	Hinterlüftung	0
6	Doppelfalzschalung, Lärche	7741,76
	Summe:	**49853,85**

Quelle: Ott und Hausmann 2015, S. 90

Es zeigt sich hier, dass die Dokumentation der materiellen Zusammensetzung der Gebäude in diesem Projekt nicht die Kategorien Stoffe, Bauprodukte, Produktnamen und Funktionen trennt, sondern diese vermischt. Die verbauten Produkte werden direkt erfasst. Eine Bewertung ihrer ökologischen Eigenschaften kann unter Nutzung von Datenbanken vorgenommen werden. Es erfolgt keine Einordnung in eine einheitliche Materialsystematik. Darüber hinaus ist die Art der Verbindung der verschiedenen Bauteilschichten nicht dokumentiert.

3.2.6 Hausakte/Gebäudepass in Deutschland

Eine Hausakte für Wohnbauten im Sinne einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation weist konzeptionell den Ansatz zur Aktualisierung und Fortschreibung der stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken auf. Abbildung 19 zeigt die vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) empfohlene Gliederung.

Die Hausakte dient dabei der Unterstützung des Bauherrn bei der Sammlung und Zusammenstellung von Unterlagen aus der Planungs-, Bau- und Nutzungszeit zur Bauwerksdokumentation. Während der Lebensdauer des Gebäudes können Aktualisierungen und Anpassungen vorgenommen und das Dokument individuell ergänzt werden.

Die Erstellung einer Hausakte wurde insbesondere für neu erbaute Einfamilienhäuser empfohlen, um die wichtigsten beim Neubau vorhandenen Daten des Gebäudes zum Zeitpunkt der Fertigstellung zusammenzufassen. Es wurde empfohlen, diese Daten lebenszyklusbegleitend fortzuschreiben, zu aktualisieren und zu ergänzen. Dies betrifft u. a. die Erfassung des Energieverbrauchs oder die Dokumentation durchgeführter Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten.

Bauherren und potenzielle Käufer sollen auf diese Weise einen systematischen Überblick über die baulichen und energetischen Eckwerte einer Immobilie erhalten, während Kreditgeber die hinterlegten Daten für die Wertermittlung heranziehen können. Der Zweck einer Hausakte im engeren Sinne ist nicht, bestimmte Eigenschaften, Leistungsstufen oder Standards zu bewerten bzw. zu zertifizieren. Bauherren können aber Bewertungen oder Zertifizierungen anstreben und dafür einerseits auf eine Hausakte zurückgreifen bzw. andererseits die erreichte Zertifizierung in der Hausakte dokumentieren.

Gemäß der in Abbildung 19 dargestellten Gliederung enthält die Hausakte kurze Beschreibungen der Bauteile, Planungs- und Ausführungsunterlagen wie Lagepläne und Dokumente aus dem Baugenehmigungsverfahren sowie Dokumente zu den technischen Anlagen, Ausbaustoffen und Einbauten.

Abbildung 19 Aufbau der Hausakte

Quelle: BMVBW 2002, S. 1 und 3

Ein mit der Hausakte prinzipiell vergleichbarer Vorschlag für den Inhalt eines Gebäudepasses für neu zu errichtende Bürogebäude ist als Anlage 7 Bestandteil einer älteren Fassung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bauministeriums (BMWBW 2001). Diese Version des Gebäudepasses sah u. a. eine Beschreibung der Baukonstruktion und technischer Anlagen ebenso vor wie die systematische Erfassung durchgeführter Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten.

Erneut wird deutlich, dass mit Hausakten und Gebäudepässen i. d. R. vergleichbare Anliegen verfolgt werden. Die Begriffe selbst sind historisch gewachsen. Bis heute wird die Hausakte überwiegend für kleinere Wohnbauten, der Gebäudepass bzw. building passport für Gebäude- und Nutzungsarten aller Art verwendet. Es existieren weitere Interpretationen. Danach werden in einem Gebäudepass die zum Zeitpunkt der Fertigstellung vorliegenden Daten gesammelt während in einer Hausakte als lebenzyklusbegleitender Objektdokumentation die Ergebnisse der Planung und Errichtung vorgehalten und um Daten aus der Nutzungsphase erweitert werden. Im Kontext der Thematik Hausakte/Gebäudepass als Instrumente des Informationsmanagements im Lebenszyklus von Gebäuden wird hier auf einen Forschungsbericht zu Gebäudeinformationssystemen verwiesen (Rohde et al. 2011). Dieser verfolgte das Ziel, eine akteursgruppenspezifische Struktur für lebenszyklusbegleitende Objektinformationen zu entwickeln und Vorschläge zur Überwindung von Informationsdefiziten zu erarbeiten. Im Ergebnis wurde die Grundlage für eine zur Anwendung vorzuschlagende Bauwerks-Informations-Systematik geschaffen. Das UBA spricht sich dafür aus, Materialinventare (hier als Materialpässe bezeichnet) künftig in Gebäudepässe zu integrieren (UBA 2017, S. 56).

3.2.7 Baufachliche Richtlinien zur Gebäudebestandsdokumentation

Die Baufachlichen Richtlinien für die Gebäudebestandsdokumentation (BFR GBestand) wurden im Jahre 2004 vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zusammen mit dem Bundesministerium der Verteidigung erstellt und 2012 fortgeschrieben. Ziel der BFR GBestand war und ist die Schaffung und Bereitstellung eines bundesweit einheitlichen Mindeststandards für die kontinuierliche und qualitätsgerechte Erhebung und Verwaltung digitaler Gebäudebestandsdaten. Die BFR GBestand gelten gemäß Abschnitt H der Richtlinien für

die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau) als einheitliche Grundlagen für die Gebäudebestandsdokumentation von

a) Baumaßnahmen,

b) Bauunterhaltsmaßnahmen,

c) Beauftragungen zur Erfassung von digitalen Gebäudebestandsdaten ohne Baumaßnahme.

Die BFR GBestand gelten nicht für bauliche Anlagen (z. B. Schornsteine, Türme u. ä.) oder Ingenieurbauten (z. B. Brücken u. ä.).

Die BFR GBestand umfassen Vorgaben zur Vorgehensweise und zur Struktur der alphanumerischen und geometrischen Bestandsdaten sowie CAD-spezifische Vorgaben. Darüber hinaus enthalten sie Vorgaben zur Fortführung der digitalen Gebäudebestandsdokumentation und Vorlagen, wie beispielsweise zur Beschreibung baulicher Anlagen, siehe z. B. Abbildung 10. Diese Vorlage sieht u. a. eine Benennung der in Bauteilen verbauten Materialarten zusammen mit Information zu deren Menge oder Fläche vor.

Es zeigt sich, dass zur Bereitstellung der von den BFR GBestand verlangten Angaben auch Informationen über die materielle Zusammensetzung von Gebäuden benötigt und diese dokumentiert und fortgeschrieben werden. Die entsprechenden Dokumentationen können als Informationsquelle zur Beschreibung der verbauten Materialien herangezogen werden. Aus Sicht der Bearbeiter des Teilprojekts Materialinventare sollten Möglichkeiten geprüft werden, die Vorgaben zur Erfassung von Art, Mengen und Massen verbauter Materialien noch auszubauen und zu präzisieren. Interessant wird dies insbesondere durch eine Verknüpfung mit CAD.

Abbildung 20 Beschreibungsmerkmale der baulichen Ausstattungen

bauliche Ausstattungstypen	Beschreibungsmerkmale (Mindestvariante) an baulichen Ausstattungen	Standard Bundeswehr	Standard BImA	Standard Bauverwaltung
Im allgemeinen Typ „Deckenbelag“ (ggf. mehrere)	Fläche/Menge (m²) *1)		X	X
	Materialart		X	X
Im allgemeinen Typ „Wandbelag“ (ggf. mehrere)	Fläche/Menge (m²) *1)		X	X
	Materialart		X	X
Im allgemeinen Typ „Bodenbelag“ (ggf. mehrere)	Fläche/Menge (m²) *2)		X	X
	Materialart		X	X
Im allgemeinen Typ „Fenster“ (ggf. mehrere)	Konstruktionsart		X	X
	Materialart		X	X
	Anzahl/Menge (St)		X	zusätzlich
	Fensterbreite (m) (lichtes Maß) *3)		X	zusätzlich
	Fensterhöhe (m) (lichtes Maß) *4)		X	zusätzlich
	Brandschutzklasse Fenster (falls vorh.)		zusätzlich	zusätzlich
Im allgemeinen Typ „Tür“ (ggf. mehrere)	Konstruktionsart		X	X
	Materialart		X	X
	Anzahl/Menge (St)		X	zusätzlich
	Türbreite (m) (lichtes Maß) *5)		X	zusätzlich
	Türhöhe (m) (lichtes Maß) *6)		X	zusätzlich
	Glasreinigungsfläche Tür (m²) *7)		X	zusätzlich
	Brandschutzklasse Tür (falls vorh.)		X	zusätzlich

Quelle: BMVBS 2012, S. 39

3.2.8 Hausakte gemäß Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau

Der Bundesverband Deutscher Fertigbau (BDF) hat in seiner 2016 in Kraft getretenen Neufassung der QDF-Satzung (Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau) alle Haushersteller des Verbandes auf die Übergabe einer Hausakte verpflichtet. BDF-Mitgliedsunternehmen müssen seitdem mit der Schlüsselübergabe den Bauherren auch eine Hausakte übergeben. Diese bescheinigt u. a. die Einhaltung der Vorgaben der QDF bei der Planung und Errichtung, dokumentiert Leistungsmerkmale und den Lieferumfang des Fertighauses. Diese Initiative ist ein positives Beispiel für eine Bereitstellung von Objektinformationen. Die Hausakten des BDF sollen als lebenszyklusbegleitende Gebäudedokumentation dienen und die Hausbesitzer werden aufgerufen, ihre Hausakten fortzuschreiben und bspw. Modernisierungsmaßnahmen nachzutragen, um gegebenenfalls Informationen für Käufer, Finanzierer, Versicherer, Wertermittler, Fördergeber, Makler oder Planer bereitzustellen und den Werterhalt zu dokumentieren.

Die QDF-Satzung gibt kein einheitliches Format oder eine Vorlage vor, sondern benennt Inhalte, die enthalten sein müssen. Die verbindlich geforderte Bau- und Leistungsbeschreibung lässt Rückschlüsse auf verbaute Materialien zu. Darüber hinaus steht es den Mitgliedsunternehmen des BDF frei, ihre Hausakten um weitere Informationen zu ergänzen. (vgl. QDF 2015; F.I.D. o.D.)

3.2.9 Gebäudematerialinformationssystem als Gebäudepass in Österreich

Vorschläge, die eine Nutzung von Gebäudepässen als Gebäudematerialinformationssystem empfehlen, lassen sich u. a. in Österreich finden. Reisinger et al. (2014) beschreiben die konzeptionelle Entwicklung eines Gebäudematerial-Datenblattes bis hin zur Hausakte mit Wartungs- und Materialbuch auf Basis der Objektbeschreibung nach ÖNORM B 2251, Anhang A (ASI 2006). Abbildung 21 zeigt die von den Autoren vorgeschlagene Basisvariante eines Gebäudematerial-Datenblattes. Diese wurde mit Testdaten für ein Mehrfamilienhaus aus einer BIM-Anwendung befüllt.

Abbildung 21 Auszug aus einem Gebäudematerial-Datenblatt

1	**Objektadresse:**	anonymisiert	Baueigner:	anonymisiert
2	**Materialien des Objektes**	**Keller**	**EG**	**OG**
2.1	Tragende Bauteile:	Beton	Beton	Beton
2.2	Nicht tragende Bauteile:	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk
2.3	Decken:	Stahlbeton	Stahlbeton	Stahlbeton
2.4	Dachkonstruktion:	Flachdach		
2.5	Dacheindeckung:	Bitumenpappe		
2.6	Material der Fensterstöcke/-rahmen:	Nicht bekannt		
3	**Gebäudeabmessungen:** 3025 x 1570 x 980 [cm]			
3.1	Bruttorauminhalt (m³):	5.678,42 m³ [brutto]	Baujahr:	2013
		Keller	**EG**	**OG**
3.2	Anzahl der Geschoße	1	1	2
3.3	Geschoßhöhe (Fußbodenoberkante bis Fussbodenoberkante)	260 cm	260 cm	260 cm
4	**Massen der Baumaterialien für das gesamte Gebäude (Tonnen)**			
4.1	Glas:	1,1		
4.2	Holz:	2,75		
4.3	Kunststoffe:	3,87		
4.4	Metalle:	n.b.		
4.5	Asphalt:	n.b.		
4.6	Beton (einschließlich Bewehrungsstahl):	2024,78		
4.7	Aushubmaterial	n.b.		
4.8	Baustoffe auf Gipsbasis:	n.b.		
4.9	Ziegel:	246,11		
4.10	sonstige mineralische Materialien (zB Fliesen und Keramik):	n.b.		
4.11	*Sonstige Hauptbestandteile (z.B. biogene Abfälle)*	n.b.		
		Zuletzt:	***Frühere :***	
5	**Nutzungsarten:**	Wohngebäude	keine	
6	**Umbaumaßnahmen:**	keine		
7	**Schad-/Störstoffe**	***Zu-treffendes An-kreuzen***	***Angabe welches Material, wo eingesetzt wird***	
7.1	Asbestzement	☐		
7.2	Sonstige asbesthaltige Abfälle	☐		
7.3	PCB-haltige Abfälle	☐		
7.4	PAK-/teerhaltige Materialien	☐		
7.5	(H)FCKW-haltige Dämmstoffe oder Bauteile	☐		
7.6	Künstliche Mineralfasern (lose verlegt, wenn gesundheitsgefährdend)	☐		
7.7	Mineralölhaltige Bauteile	☐		
7.8	Radioaktive Rauchmelder	☐		
7.9	Kamine und –schlote	X	?	
7.10	Schlacken	☐		

Quelle: Reisinger et al. 2014, S. 136

3.2.10 Ressourcen-R der ARGE kdR

Das R-Symbol für "Produkte und Gebäude mit Zukunft" (vgl. Abbildung 22) wurde von der Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe (ARGE kdR) entwickelt, um "Produkte und Gebäude mit Zukunft" zu kennzeichnen (vgl. ARGE kdR 2008). Das Ziel dieser Arbeitsgemeinschaft war die Entwicklung eines Symbols, das es Konsumenten erlaubt, auf einen Blick zu erkennen, welche Ressourcenkategorien (nachwachsend, mineralisch, fossil) zu welchen Anteilen in einem Produkt eingesetzt wurden. Die jeweiligen Anteile sind in einer Zehner-Skala im R-Symbol ausgewiesen. Dieses Symbol entspricht einer Volldeklaration der Ressourceninhalte von Produkten. Die Zusammensetzung aus fossilen, mineralischen und nachwachsenden Rohstoffe wird durch eine entsprechende Farbgebung in Anlehnung an die Ampelfarben rot, gelb und grün) bereits im Logo angedeutet (Abbildung 22). Das R-Symbol wurde in einem Forschungsvorhaben der ARGE kdR (2008) zur Erstellung einer internetbasierten Datenbank zur Volldeklaration von Bauprodukten für Hersteller und Konsumenten für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt aufgegriffen. Letztlich wurde der Ansatz, der sich nach Einschätzung der Bearbeiter dieses Berichts als Darstellungsform und Bewertungsmöglichkeit auch auf Gebäude übertragen lässt, nicht weiterverfolgt.

Abbildung 22 Logo des Ressourcen-R

Quelle: ARGE kdR 2006, S. 6

3.2.11 Dokumentationsvorgaben in anderen Branchen – das Beispiel DIN EN IEC 62474

Die Norm DIN EN IEC 62474 (VDE 0042-4): 2019-09 (DIN 2019) der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE) legt die Anforderungen, den Inhalt und das Format des Datenaustausches für Materialdeklarationen innerhalb der Lieferkette für die elektrotechnische Industrie fest.

Diese Materialdeklarationen sollen zum Nachweis der Erfüllung gesetzlicher Verpflichtungen dienen und den umweltbewussten Gestaltungsprozess unterstützen. Die Materialdeklarationen sollen auch für andere Branchen außerhalb der Elektrotechnik herangezogen werden können, sind aber für das Projekt KartAL IV vorrangig insofern interessant, dass sie zeigen, dass es in anderen Branchen sogar schon Normen für die Materialdeklaration gibt.

Insbesondere müssen laut Abschnitt 4.3 b) „Dem Produkt […] eine Bezeichnung und eine Masse zugewiesen werden." Darüber hinaus müssen bestimmte deklarationspflichtige Stoffe und Stoffgruppen dem Produkt mit deren Masseprozentsatz zugewiesen werden (4.4.2). „Um eine umweltbewusste Gestaltung zu ermöglichen, müssen die in der IEC 62474-Datenbank enthaltenen Materialklassen eindeutig gekennzeichnet sein, um Produkte aus Sicht der Materialien effektiv und effizient zu beschreiben."

Unterabschnitt 4.6 (Materialklassendeklaration) legt die Anforderungen für in dem Produkt anwesende Materialklassen fest, die die Klassifizierung von Materialien in Materialarten vorsehen.

Die Deklaration der übrigen Stoffe erfolgt freiwillig.

3.2.12 Dokumentationsvorgaben in anderen Branchen – das Beispiel IMDS

Das IMDS (International Material Data System) ist ein global standardisiertes Materialdatensystem der Automobilindustrie, das seit dem Jahr 2001 besteht.

Die Materialdaten des IMDS deklarieren die werkstofflichen und chemischen Zusammensetzungen von Bauteilen, Halbzeugen und Werkstoffen zum Zweck der Absicherung und des Nachweises gegenüber gesetzlichen Regulierungen (z. B. nach Artikel 33 der REACH-Verordnung) für Fahrzeuge und Ersatzteile. IMDS-Materialdaten werden darüber hinaus zur Berechnung der Recyclingquote nach ISO 22628 verwendet.

Da Fahrzeughersteller teilweise verpflichtet sind, Informationen über die Materialzusammensetzung der in den Fahrzeugen verwendeten Produkte bereitzustellen, besteht auch ein Informationsbedarf an der Zusammensetzung der verwendeten Bauteile, die anhand von Materialdatenblättern erfasst werden.

Das IMDS basiert u. a. auf der EU-Richtlinie 2000/53/EG, der Altfahrzeug-Verordnung sowie der Global Automotive Declarable Substance List (GADSL) und verlangt eine Klassifizierung aller Werkstoffe nach VDA 231-106.

Es wurde hier somit ein weltweit einheitliches System zur Rückverfolgung und Deklaration aller in Fahrzeugen verbauten Stoffe geschaffen, in dem insbesondere Informationen über deklarationspflichtige Bestandteile dokumentiert werden können.

3.2.13 Teilzusammenfassung zu analysierten Beispielen

Teilweise seit Jahrzehnten wird die Einführung von Gebäudepässen diskutiert. In Forschungsprojekten wurden und werden Vorschläge zu Inhalt und Struktur erarbeitet. Es besteht weitgehende Einigkeit, dass es sich bei Gebäudepässen um ein Instrument zur lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation handelt, das zu unterschiedlichen Anlässen spezifische Gebäudedaten vorhält. Ein wesentlicher Bestandteil sind Angaben zu den verbauten Materialien. Für diese Aufgabe existieren unterschiedliche Ansätze und Darstellungsformen. Diese sind entweder Teile eines Gebäudepasses oder Dokumente mit relativer Selbständigkeit. Die Vielzahl verwendeter Begriffe und Konzepte erschwert eine einheitliche Vorgehensweise. Eine einheitliche Interpretation, Struktur und Darstellungsform für Angaben zu den in Gebäuden verbauten Materialien hat sich bisher nicht herausgebildet. Bereits dies ist ein Hemmnis, werden doch hierdurch auch Entwicklungsarbeiten an entsprechenden Hilfsmitteln bis hin zu einer Integration in BIM erschwert. Empfohlen wird die Initiierung von Normungsaktivitäten zur Erarbeitung von Grundlagen für Inhalte, Formate und Darstellungsformen für bauwerksspezifische Materialinventare.

3.3 Bestehende Anforderungen an den Inhalt von Materiainventaren

Ein Hemmnis für die Entwicklung und Verbreitung von bauwerksspezifischen Materialinventaren war und ist die fehlende Nachfrage nach entsprechenden Informationen bei involvierten Akteuren in konkreten Entscheidungssituationen. Diese Situation beginnt sich zu ändern. Vermehrt werden internationale und nationale Anforderungen formuliert, die eine Kenntnis von Art und Menge verbauter Materialien erforderlich machen.

3.3.1 Grundanforderungen an Bauwerke als Teil der Bauproduktenverordnung der EU

Die Europäische Bauproduktenverordnung (EU 2011) formuliert u. a. Grundanforderungen an Bauwerke. Im Zusammenhang mit dem hier bearbeiteten Thema sind von besonderer Bedeutung die

Grundanforderung Nr. 3: *„Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz - Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass es während seines gesamten Lebenszyklus weder die Hygiene noch die Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern, Bewohnern oder Anwohnern gefährdet und sich über seine gesamte Lebensdauer hinweg weder bei Errichtung noch bei Nutzung oder Abriss insbesondere durch folgende Einflüsse übermäßig stark auf die Umweltqualität oder das Klima auswirkt: a) Freisetzung giftiger Gase; b) Emission von gefährlichen Stoffen, flüchtigen organischen Verbindungen, Treibhausgasen oder gefährlichen Partikeln in die Innen- oder Außenluft; c) Emission gefährlicher Strahlen; d) Freisetzung gefährlicher Stoffe in Grundwasser, Meeresgewässer, Oberflächengewässer oder Boden; e) Freisetzung gefährlicher Stoffe in das Trinkwasser oder von Stoffen, die sich auf andere Weise negativ auf das Trinkwasser auswirken; f) unsachgemäße Ableitung von Abwasser, Emission von Abgasen oder unsachgemäße Beseitigung von festem oder flüssigem Abfall; g) Feuchtigkeit in Teilen des Bauwerks und auf Oberflächen im Bauwerk.“* (EU 2011, Anhang I, S. 33)

Grundanforderung Nr. 7: *„Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen - Das Bauwerk muss derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden und insbesondere Folgendes gewährleistet ist: a) Das Bauwerk, seine Baustoffe und Teile müssen nach dem Abriss wiederverwendet oder recycelt werden können; b) das Bauwerk muss dauerhaft sein; c) für das Bauwerk müssen umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe verwendet werden.“* (EU 2011, Anhang I, S. 34)

Deutlich wird, dass eine Umsetzung der Grundanforderung Nr. 7 im Minimum eine Erfassung und Beschreibung verbauter Materialien voraussetzen würde, soweit möglich bis zu einer Rückverfolgung der Stoffströme bis zu den in Anspruch genommenen primären natürlichen Ressourcen sowie von Sekundärstoffen. Insbesondere Grundanforderung 7 befindet sich mit Stand Sommer 2020 in der Diskussion. Sie gilt als nicht ausreichend präzise beschrieben (Was ist ein umweltverträglicher Rohstoff? Wie kann Dauerhaftigkeit beschrieben und bewertet bzw. nachgewiesen werden?) und als nicht umsetzbar. Geplant ist eine Überarbeitung und Weiterentwicklung, die bis zur vollständigen Neustrukturierung der Grundanforderungen an Bauwerke reichen könnte. Diskutiert wird insbesondere auch, ob die Bauproduktenverordnung der geeignete Ort für die Formulierung von Anforderungen an Bauwerke ist und wie die Arbeitsteilung mit nationalen Zuständigkeiten organisiert werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Europäische Kommission am Ziel der Formulierung übergeordneter und verbindlicher Anforderungen an Ressourcenschonung sowie Umwelt- und Gesundheitsschutz bei Bauwerken festhalten wird und sich hieraus Anforderungen sowohl an Bauprodukte als auch an Bauproduktinformationen ergeben werden. Eine Beobachtung dieser Entwicklung wird empfohlen.

3.3.2 Anforderungen im Rahmen von Level(s) EU

Level(s) ist ein Berichtsrahmen, der zur Verbesserung der (freiwilligen) Berichterstattung über die Nachhaltigkeit von Gebäuden betragen soll. Unter Anwendung bestehender Normen soll es einen gemeinsamen europäischen Ansatz für die Bewertung der Nachhaltigkeitsperformance in der gebauten Umwelt bieten. Level(s) soll auch als Werkzeug für die Planung und die Errichtung nachhaltiger Bauwerke verwendet werden. Am Bau beteiligte sollen Level(s) nutzen können, um ihr Verständnis dafür zu verbessern, wie sich Gebäude auf die Umwelt auswirken. Level(s) soll darüber hinaus zeigen, wie Umweltauswirkungen reduziert werden können Der Berichtsrahmen kann auch von Bewertungs- und Zertifizierungssystemen als Anregung verwendet werden, um sicherzustellen, dass ihre Kriterien auch die Kriterien für die Kreislaufwirtschaft auf europäischer Ebene widerspiegeln und die Vergleichbarkeit von Daten und Ergebnissen zwischen verschiedenen Gebäudebewertungssystemen ermöglicht werden. (Europäische Kommission 2020a)

Level(s) verwendet Indikatoren auf Grundlage vorhandener Instrumente und Normen in den Bereichen Energie, Materialien, Wasser, Gesundheit, Wohlbefinden, Klimawandel, Lebenszykluskosten und Immobilienwert und bietet eine „*gemeinsame Sprache in Sachen Nachhaltigkeit*“ zur Bewertung von Büro- und Wohngebäuden. Level(s) soll von Nachhaltigkeitsinstrumenten und Zertifizierungssystemen als Modul im Rahmen ihrer Produkte genutzt werden können, da es quelloffen und frei zugänglich ist. (Europäische Union 2017) Vorgesehen sind u. a. die Erfassung und Beschreibung verbauter Materialien. Eine „Bill of materials“ (BoM) ist eine Liste der Rohstoffe, Baugruppen, Komponenten, Teile und ihrer Mengen, die jeweils für die Herstellung eines Endprodukts – hier eines Gebäude - benötigt werden. Die BoM knüpft damit unmittelbar an Stücklisten und Materialauszüge an. In Level(s) orientiert sich die BoM als Ordnungsmerkmal an den Ressourcenkategorien der EU[12]. Die Ressourcenkategorien lauten: Non-metallic minerals, Biomass, Metal ores, Fossil energy materials. Abbildung 23 zeigt das innerhalb des Level(s)-Berichtsrahmens empfohlene Format zur Darstellung der Bill of Materials.

Ausgangspunkt für die Erstellung der BoM ist eine „bill of quantities“. Hier wird die Anzahl, beziehungsweise die Menge der Bauteile sowie eine Beschreibung der eingesetzten Materialien dokumentiert. Abbildung 24 zeigt ein Beispiel für eine Bill of Quantities im Level(s)-Berichtsrahmen und ihren Zusammenhang mit der BoM.

[12] Level(s) korrespondiert mit der EU-Statistik EUROSTAT (vgl. Bourguignon und Orenius 2018)

Abbildung 23 Empfohlenes Format der Bill of Materials (BoM) im Level(s)-Berichtsrahmen der EU

2.1.2 Suggested reporting format for results

Reporting on the Bill of Materials should be organised according to the building elements identified as the 'building and its elements' in section 1.1.2, table 1.1.

In line with Eurostat's data collection for material flow accounting at EU level, the Bill of Materials reporting should also be aggregated to report on the total mass of the four main types of materials.

Part 1 – Mass of different materials in the building material bank

Material type	Mass (t)
Metal	
Non-metallic mineral	
Biomass	
Fossil energy	

Part 2 – Bill of materials organised by the main building parts and elements

Building element	Bill of Quantities (units)	Bill of Materials by material type (kg)			
		Metal	Non-metallic mineral	Biomass	Fossil energy
Element x					
Element y					
Element z					

Quelle: Dodd et al. 2017, S. 68

Abbildung 24 Beispieldarstellung der Bill of Quantities (BoQ) im Level(s)-Berichtsrahmen der EU

Steps 1 and 2

Bill of Quantities	Technical Specifications	Composition
100 m^2 of foundation	Strength: 50 MPa	• 1 m^3/m^2 of unreinforced concrete with strength of 50 MPa and density of 2370 kg/m^3 (of which, cement: 200 kg/m^3). • 10 kg/m2 of light-grade steel
10 columns	Strength of each column: 20 MPa	• 0.5 m^3/column of reinforced concrete with strength of 20 MPa and density of 2420 kg/m^3 (of which, cement: 290 kg/m^3, steel: 30 kg/m^3)
10 window units	Area of each unit: 3m^2 U: 1.5 W/m^2K	• Aluminium, 5 kg/unit • Plastic (PA), 0.1 kg/unit • Glass, 2.5 kg/unit
10 doors	Area of each door: 1 m^2 Thickness: 19 mm	• Hardwood (0.8 kg/dm^3), 15.2 kg/unit

Steps 3 and 4

Bill of Materials	without considering the expected lifetime of the building's elements	
Metals	1200 kg	Steel, 1000 kg (foundation) Steel, 150 kg (columns) Aluminium, 50 kg
Non-metallic mineral materials	248975 kg	Concrete, 237000 kg (foundation) Concrete, 11950 kg (columns) Glass, 25 kg
Fossil energy materials	1 kg	Plastic (PA), 1 kg
Biomass based materials	152 kg	Hardwood, 152 kg

Quelle: Dodd et al. 2017, S. 65

Es kann davon ausgegangen werden, dass es bei LEVEL(s) Präzisierungen und Weiterentwicklungen geben wird. Es bleibt abzuwarten, ob künftig die Arten und Mengen verbauter Materialien ausgewiesen und in Gruppen zusammengefasst werden oder bis hin zur Inanspruchnahme natürlicher Rohstoffe rückverfolgt werden. Hier ergeben sich Zusammenhänge mit der noch ausstehenden Lösung zur Verbesserung der Handhabbarkeit der Grundanforderung 7 zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen – siehe Abschnitt 3.3.1. Auch wenn LEVEL(s) ein freiwilliges Instrument ist und voraussichtlich bleiben wird, gilt es als Testfall für die Entwicklung von Anforderungen und als Orientierungshilfe für Normungsaktivitäten im Rahmen von CEN TC 350. Eine Beobachtung der weiteren Entwicklung wird empfohlen.

3.3.3 Konzepte der Europäischen Kommission für einen digitalen Gebäudepass

Die Europäische Kommission lässt derzeit unter der Bezeichnung „Digital Logbook“ in Form von Studien Konzepte für einen digitalen Gebäudepass erarbeiten. Ein erster Zwischenbericht liegt vor (vgl. Volt und Toth 2020).

Unter einem Digital Logbook wird in der Studie ein dynamischer Gebäudepass verstanden, der während des Lebenszyklus eines Gebäudes Daten, Informationen und Dokumente verwaltet und bei Bedarf als Informationsquelle für unterschiedlichste Akteure dient. Er soll damit zur Verbesserung der Transparenz im Immobilienbereich beitragen und den Informationsaustausch zwischen den Akteuren unterstützen.

Vorgesehen ist u. a. die Dokumentation verbauter Materialien in Form eines Materialinventars (building material inventory). Gemäß dem vorliegenden Entwurf sollen dabei erfasst werden: (1) die Materialart, (2) der Einbauort, (3) das Volumen, (4) die Masse, (5) der carbon footprint als Angabe zu den Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus, (6) die (technische) Lebensdauer, (7) die Feuerwiderstandsklasse, (8) die Abfallkategorie, (9) Hinweise auf vorliegende Zertifikate, (10) eine Deklaration der chemischen Zusammensetzung und (11) die internationale Handelsnummer. Abbildung 25 listet als Auszug aus der Studie abgefragte Informationen auf und benennt die Quelle für entsprechende Angaben.

Aus Sicht der Bearbeiter des Projektteils Materialinventar wird deutlich, dass inzwischen auch die Europäische Kommission klare Vorstellungen zu Art und Umfang benötigter Informationen für verbaute Materialien entwickelt. Die dabei in der Studie gewählte Darstellungsform als fortlaufende Tabelle wird als nicht praxisgerecht eingeschätzt. Deutlich wird damit u. a. der dringende Bedarf an geeigneten Formaten.

Abbildung 25 Auswahl von Datenfeldern im Konzept der EU-Kommission

Data category	Data field	Type of data	Where is the data stored today?	Core data?	Building typology (single-family residential = S, multi-family buildings - M, Office = O)	New (N) or existing (E) building?	Static (S) or dynamic (D)?	Ease of collection (1 - easy, 3 - difficult)
Building material inventory	Material 1 - Type	Descriptive	Developer/installer	X	All	N	S	2
	Material 1 - Location	Physical	Developer/installer	X	All	N	S	2
	Material 1 - Volume	Physical	Developer/installer	X	All	N	S	2
	Material 1 - Weight	Physical	Product/material manufacturer		All	N	S	2
	Material 1 - Embodied carbon	Physical	Product/material manufacturer		All	N	S	2
	Material 1 - Life span	Physical	Product/material manufacturer		All	N	S	2
	Material 1 - Fire resistance class	Rating	Product/material manufacturer		All	N	S	2
	Material 1 - Waste category	Code	Product/material manufacturer		All	N	S	2
	Material 1 - Certificate 1	Linked document	Product/material manufacturer		All	N	S	2
	Material 1 - Chemical declaration	Linked document	Product/material manufacturer		All	N	S	3
	Material 1 - Global Trade Item Number	Linked document	Product/material manufacturer		All	N	S	3

Quelle: Auszug aus Volt und Toth 2020, S. 20

3.3.4 Anforderungen im Rahmen der EU Taxonomy

In Europa werden derzeit Grundlagen für eine stärkere Einbeziehung von Zielen und Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung u. a. in die Projektfinanzierung (sustainable finance) erarbeitet. Ein Entwurf dieser Grundlagen durch die Technical Expert Group on Sustainable Finance liegt in Form einer Taxonomy vor (EU 2020). Er sieht auch Anforderungen an Bauwerke vor, soweit diesen vergünstige Finanzierungskonditionen gewährt werden sollen. Neben Hauptanforderungen in Richtung eines überdurchschnittlichen Beitrages zur Reduzierung des Primärenergiebedarfes und künftig auch von Treibhausgasemissionen wurden Nebenanforderungen (do no significant harm „DNSH“) formuliert. Es handelt sich um Nebenanforderungen in Bezug auf

a) Ressourcenschonung/circular economy

“[…] At least 80 % (by weight) of the non-hazardous construction and demolition waste (excluding naturally occurring material defined in category 17 05 04 in the EU waste list) generated on the construction site must be prepared for re-use or sent for recycling or other material recovery, including backfilling operations that use waste to substitute other materials. […]”. “This

requirement is achieved by executing the construction works in line with the good practice guidance laid down in the EU Construction and Demolition Waste Management Protocol."

b) Gefahrstoffe

"It is ensured that building components and materials do not contain asbestos nor substances of very high concern as identified on the basis of the "Authorisation List" of the REACH Regulation."

c) Nutzung von Holz/Schutz der Biodiversität

"At least 80 % of all timber products used in the new construction for structures, cladding and finishes must have been either recycled/reused or sourced from sustainably managed forests as certified by third-party certification audits performed by accredited certification bodies, e.g. FSC/PEFC standards or equivalent. "

Aus Sicht der Bearbeiter könnten die bei einem Kreditantrag vorzulegenden Nachweise in einer Objektdokumentation mit integriertem Materialinventar zusammengefasst werden, das neben dem Nachweis der Art und Menge der verbauten Materialien die Grundlage bildet für

- den Nachweis der Verwendbarkeit von Materialien in Recyclingprozessen,
- eine Erklärung zur Freiheit von Gefahr- und Schadstoffen,
- den Nachweis der Herkunft von Holz und Holzwerkstoffen/Biomasse.

Eine derartige Entwicklung kann die Nachfrage nach Materialinventaren stärken, soweit sie die genannten Zusatzfunktionen aufweisen. Es wird zudem diskutiert, mittelfristig die im Lebenszyklus des zu finanzierenden Gebäudes verursachten Treibhausgasemissionen in Form des carbon footprint zu berücksichtigen. Hier ist ein Materialinventar entweder Basis oder Nebenprodukt einer entsprechenden Ökobilanz zur Ermittlung des carbon footprint.

Im Sommer 2020 wurde die Verordnung über die Erleichterung nachhaltiger Investitionen veröffentlicht (vgl. EU 2020). Es kann davon ausgegangen werden, dass dies im Falle von Investitionen in Immobilien den Anforderungen an deren Dokumentation bis hin zur stofflichen Zusammensetzung mehr Nachdruck verleiht.

3.3.5 Abfallvermeidungsstrategie des Bundes

Mit Stand Sommer 2020 wird an der Weiterentwicklung der Abfallvermeidungsstrategie des Bundes unter Beteiligung der Länder gearbeitet (vgl. hierzu Dehoust et al. 2010). Im Zusammenhang mit dem Thema Baustoffe wird derzeit diskutiert, ob und wie die Dokumentation verbauter Materialien verbessert werden könnte. Es wird empfohlen, diese Entwicklung zu verfolgen.

3.3.6 Luxemburger Strategien zur Ressourcengewinnung beim Gebäuderückbau

Die Präsentation *„Luxemburger Strategien zur Ressourcengewinnung beim Gebäuderückbau"* (Ehlert 2019) beschreibt die Auflagen des Nationalen Abfallwirtschaftsgesetzes in Luxemburg. Danach muss vor jedem Gebäuderückbau ein Materialinventar erstellt werden. Verwiesen wird auf den Leitfaden sowie Excel-Tools zum Erstellen des Inventars, die in Deutsch und Französisch verfügbar sind. Darin werden die "Best practices" in Europa verglichen und verschiedene Vorgehensweisen aufgezeigt (Desk study, Begehung, Schadstoffanalyse, etc.). Es werden Erkenntnisse aus Fallstudien und Literaturverweise, u. a. zum Leitfaden zur Erstellung eines Materialinventars, zum Luxemburger Abfallwirtschaftsgesetz sowie zum Luxemburger Nationalen Plan zur Bewirtschaftung von Abfällen und Ressourcen 2018 – 2022, vorgestellt.

Eine ausführliche Analyse der Situation bei der Dokumentation der materiellen Zusammensetzung von Bauwerken im Allgemeinen und der Anwendung von Anforderungen an gebäudespezifische Materialinventare im Speziellen ist in 3.3.6 zu finden. Analysiert wird hier die Situation in ausgewählten Ländern Europas inklusive der Darstellung von Formatvorgaben und Beispielen für Materialinventare.

3.3.7 Europäische Planungshinweise zur Unterstützung der Kreislaufwirtschaft

Die Broschüre der EU Kommission „*Circular Economy - Principles for buildings design*“ (EU Kommission 2020a) soll Bauproduktherstellern Handlungsempfehlungen zu den Themen Dauerhaftigkeit, Abfallreduzierung und Recycling geben. „*Empfohlen werden u. a. Lebenszyklusanalysen für Produkte, die Anwendung von Ökodesign-Prinzipien, die Informationsbereitstellung für hochwertige Recyclingprozesse und die Nutzung von Material- und Bauwerkspässen*.“ In der Broschüre wird u. a. auf BIM und nicht näher bestimmte “materials passports and building passports”, „pre-demolition audits“ und ein “reusable building parts inventory” und eine „list of products“ verwiesen und Dokumentation und Datenhaltung empfohlen. Das Dokument erwähnt sehr allgemein viele Themen der Kreislaufwirtschaft bzgl. Bauwerken. Es erfolgen aber keinerlei konkrete Handlungsanweisungen und es werden keine Entscheidungshilfen oder Formatvorlagen angeboten. Die Broschüre kann jedoch herangezogen werden, um z. B. die Notwendigkeit einer besseren Bauwerksdokumentation und Standardisierung von BIM-Materialauszügen usw. zu begründen.

3.3.8 Europäische Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten an Gebäuden

Die Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten an Gebäuden vorgeschaltete Abfallaudits der EU-Kommission (2018) soll eine Methodik für die Durchführung von Abfallaudits bei der Rückbauplanung von Gebäuden anbieten und so die nationalen Behörden unterstützen, die europäischen Ziele für das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen zu erreichen. Die Leitlinie ist unter anderem auch auf Deutsch erhältlich. Die Leitlinie soll Orientierungshilfen zu Verfahren im Rahmen von Abfallaudits bieten und so dazu beitragen, die Verwertung von Rückbauabfällen und Bauteilen „zu erleichtern und zu maximieren, damit diese einer vorteilhaften Wiederverwendung und Wiederverwertung (Recycling) zugeführt werden können, ohne dass bei den im europäischen Abbruchprotokoll umrissenen Sicherheitsmaßnahmen und -praktiken Abstriche gemacht werden.“

Die in der Leitlinie enthaltenen Empfehlungen bleiben sehr allgemein, es wird insbesondere keine Materialsystematik vorgegeben, die beispielsweise in einem Materialinventar verwendet werden könnte, es wird nur auf die Abfallschlüsselnummern des Europäischen Abfallkatalogs (EU Kommission 2014) verwiesen. Darüber hinaus wird im Fließtext eine grobe Unterteilung von Abfällen in inerte und nicht inerte vorgenommen, die ihrerseits nochmals unterteilt werden:

- „Inert waste - waste that does not undergo any significant physical, chemical or biological transformation. Inert waste will not affect other materials, even if they come into contact in any way likely to produce environmental pollution or harm to human health. Leachability and pollutant content of this waste need to be negligible.
- Non-inert non-hazardous waste - This group of wastes can be divided into:
  - Metals - In general metals are easily recyclable, but if they are polluted or there is a big mixture of metals, they may not be recyclable and could need to be landfilled.

- Wood - Wood should be further divided in untreated (clean) wood; wood treated without hazardous substances and wood treated with hazardous substances (which should be treated as hazardous materials)
- PVC - PVC can be mechanically recycled easily, but an appropriate sorting is the way to optimize PVC recycling rates. Main types of PVC identified are: stiff PVC and soft PVC
- Plaster - Mainly represented by gypsum-based construction materials.
- Packaging materials - Packaging wastes are subject to specific regulation (Directive 94/62/EC and amendments)
- Mixed non-hazardous waste - has the same characteristics as household waste and can be treated by the same processes.
- Hazardous waste - Hazardous waste was defined in Directive 2008/98/EC as that showing one or more of the hazardous properties listed in Annex III. Hazardous waste is subjected to specific precautions for their disposal, and is regulated all along Europe" EU-Kommission (2018), S. 17

Auf diesen Einteilungen baut die empfohlene Vorlage für die Beschreibung verbauter Materialien (inventory of materials) von Gebäuden bei Rückbauaudits gemäß der Leitlinie der EU-Kommission auf, die in Abbildung 26 gezeigt wird.

Abbildung 26 Vorlage für Rückbauaudits nach der Leitlinie der EU-Kommission

BUILDING:

Relevant information:

Type of material	Material identification	Waste code (EWC and EURAL)	Location	Quantity	Unit	Observations or other information

Summary table

Building	Type of material	Material identification	Waste code (EWC and EURAL)	Quantity	Units	Total quantity
	Inert waste					
	Non-inert, non-hazardous waste					
	Hazardous waste					

Quelle: EU-Kommission 2018, S. 21

3.3.9 Europäische Vorgaben zur Erfassung von Bau- und Rückbauabfällen

Das Protokoll der EU-Kommission (2016) über die Bewirtschaftung von Bau- und Rückbauabfällen ist ein Bestandteil des Kreislaufwirtschaftspakets der EU-Kommission und fügt sich auch in die „Strategie für das Baugewerbe 2020" und die „Mitteilung zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor" ein. Es soll Gesetzgebungsvorschläge zum Thema Abfall machen und den Übergang Europas in eine Kreislaufwirtschaft vorantreiben. Das Protokoll ist unter anderem auch auf Deutsch erhältlich und wendet sich an die folgenden Zielgruppen:

- „Praktische Anwender aus der Branche, Bausektor (unter Einschluss von Umbauunternehmen und Abbruchunternehmern), Hersteller von Bauprodukten, Unternehmen in den Bereichen Abfallbehandlung, Transport und Logistik sowie Recyclingunternehmen;
- öffentliche Stellen auf lokaler, regionaler, nationaler und EU-weiter Ebene;
- Qualitätszertifizierungsstellen für Gebäude und Infrastruktur;
- Kunden für Recyclingmaterial aus Bau- und Abbruchabfällen".

Das Protokoll baut auf acht Grundsätze, von denen insbesondere die Grundsätze 7 und 8 einen Bedarf nach Informationen zur stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken, sowie deren Dokumentation und Bereitstellung im Sinne des Projekts KartAL IV begünstigen könnten:

„Grundsatz 7: Einhaltung der Vorschriften und Normen zum Umwelt-, Arbeits- und Gesundheitsschutz: Die Förderung des Recyclings oder der Wiederverwendung von Bau- und Abbruchabfällen darf nicht auf Kosten der Umwelt, Gesundheit oder Sicherheit gehen. Das Protokoll baut auf bestehenden Normen wie der ISO14001 im Bereich Umwelt, OSHAS 18001 im Bereich Arbeitsschutz sowie weiteren CEN-Normen auf, die in diesem Sektor bereits entwickelt worden sind. Das Protokoll befürwortet auch, dass Umweltbetriebsprüfungen (EMAS) im Bausektor als Instrument zur Bewertung, Meldung und Verbesserung der Umweltleistung von Unternehmen eingeführt werden."

„Grundsatz 8: Erfassung und Erzeugung von Daten im gesamten Verfahren der Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen: Die Erfassung und Erzeugung von Daten und Statistiken mit dem Ziel einer besseren Politik und Praxis muss optimiert werden und auch Vergleiche zwischen Mitgliedstaaten ermöglichen. Hierzu ist eine Ortung und Verfolgung sämtlicher erzeugter Bau- und Abbruchabfälle erforderlich. Wichtig für die Vergleichbarkeit der Daten ist die Verwendung einheitlicher Bezeichnungen für die verschiedenen Fraktionen der Bau- und Abbruchabfälle." (EU-Kommission 2016, S. 6 und 7)

Das Protokoll selbst setzt sich aus fünf Bestandteilen zusammen, von denen jedes zu den übergeordneten Zielen beitragen soll. Dabei basieren die ersten drei Bestandteile auf der „Bewirtschaftungskette" (EU 2016, S. 7) für Bau- und Rückbauabfälle, während die letzten beiden auf allen Stufen zum Tragen kommen:

a) Ermittlung von Abfällen, Trennung und Sammlung an der Quelle;

b) Abfalllogistik;

c) Abfallverarbeitung;

d) Qualitätsmanagement;

e) Politische und sonstige Rahmenbedingungen"

Neben Empfehlungen zur Vorgehensweise, Qualitätssicherung und Rahmenbedingungen bei der Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen enthält das Protokoll der EU-Kommission auch Begriffsdefinitionen sowie zahlreiche best practice-Beispiele aus anderen EU-Staaten (z. B. Swedish Construction Federation 2019a, 2019b), die für politische Entscheidungsträger und Anwender aus der Praxis als Inspiration dienen können.

3.3.10 Zusammenfassung zum Stand aktueller Anforderungen an Materialinventare

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in Forschungsprojekten, im Rahmen von Verordnungen, deren Entwürfe sowie von Strategiediskussionen bereits mehrfach der Versuch

unternommen wurde, Grundlagen für eine Beschreibung und Darstellung der in Bauwerken verbauten Materialien zu erarbeiten und zu etablieren. Sie waren und sind auf (1) eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit der Thematik, (2) die Entwicklung von Formaten und Darstellungsformen und/oder (3) die Nutzung von informationsverarbeitenden Systemen (u. a. BIM) gerichtet. Eine allgemeine Grundlage hat sich noch nicht durchgesetzt. Im Sommer 2020 wird eine neue Normungsinitiative von Dänemark diskutiert. Sie könnte dazu führen, dass im Rahmen von CEN TC 350 Grundlagen zur Beschreibung und Darstellung der stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken entwickelt werden sollen. Es wird empfohlen, diese Entwicklung zu verfolgen und im Rahmen der Mitarbeit in Europäischen Normungsgremien mitzugestalten.

Deutlich wird auch, dass auf Basis eines wachsenden Interesses am Thema der Ressourceninanspruchnahme der Bedarf an Informationen zu den in Bauwerken verbauten Materialien wächst. Diese beziehen sich (1) auf den Zustand nach Fertigstellung des Gebäudes/der baulichen Anlage bzw. (2) auf den Zustand vor dem Rückbau. Für unterschiedliche Anwendungsfälle (z. B. die Erstellung eines Rückbau-Audits) werden derzeit Vorschläge bzw. Vorgaben erarbeitet. Es ergibt sich ein Zusammenhang mit den Informationsbedürfnissen spezifischer Akteure.

3.4 Informationsbedürfnisse relevanter Akteure der Bauwerksebene

Wie im vorhergehenden Abschnitt dargestellt, sehen sich die Akteure aus dem Planungs-, Bau- und Immobilienbereich einerseits mit diversen Vorschlägen zur Einführung von Materialauszügen und Objektdokumentationen konfrontiert, ohne dass sich für diese bereits einheitliche Grundlagen oder Kommunikationsformate herausgebildet hätten. Anderseits stehen sie einer wachsenden Anzahl von Anforderungen an die Erfassung und Beschreibung verbauter Materialien zum Zeitpunkt der Fertigstellung eines Gebäudes bzw. zur Vorbereitung von Rückbaumaßnahmen von unterschiedlichsten Institutionen gegenüber. Mit dem hier bearbeiteten Projekt wird der Versuch unternommen, zu einer Verbesserung dieser Situation beizutragen.

Um die Erarbeitung eines allgemeinen Anforderungsprofils an gebäudespezifische Materialinventare zu unterstützen, wird nachstehen analysiert, welche Akteure in welchem Kontext einen Bedarf an Informationen haben, die Art, Menge und Einbauort verwendeter Materialien bei Neubau- oder Modernisierungsvorhaben oder bei der Analyse von Bestandsbauten zum Inhalt haben. Akteure sind hier die am Bau Beteiligten im engeren und weiteren Sinne. Es handelt sich um Personen oder Institutionen mit konkreten Aufgaben, einem abgegrenzten Arbeits- und Verantwortungsbereich, mit Zielen und Restriktionen sowie mit Handlungsmöglichkeiten und Handlungsbereitschaften. Akteure treten in eine Beziehung zu anderen Akteuren und tauschen dabei u. a. Informationen aus. Dies bildet Anlass und Möglichkeit zur Ausgestaltung von Instrumenten, die diesen Austausch von Informationen unterstützen können. Eines davon sind die in späteren Abschnitten vorgestellten Varianten von Materialinventaren.

Wie bereits in Abschnitt 2.3 erläutert bereiten einzelne Akteure zu konkreten Anlässen Entscheidungen vor und treffen diese unter Einbeziehung geeigneter Informationen. Diese Informationen werden entweder selbst erhoben, liegen vor oder müssen aus geeigneten Quellen oder von Dritten beschafft werden, es entsteht ein Informationsbedarf.

3.4.1 Systematik der Informationsbedürfnisse von Akteuren auf Bauwerksebene

In Bezug auf Entscheidungen mit Relevanz für die Materialauswahl bei Neubau- und Modernisierungsvorhaben bei Einzelbauwerken (Gebäuden und baulichen Anlagen) bzw. mit

einem Bedarf an Informationen zu den in Gebäuden oder Anlagen verbauten Materialien kann unterschieden werden zwischen Akteuren, die

a) aktiv auf die Auswahl von Materialen Einfluss nehmen,

b) ein professionelles Interesse an Informationen zur stofflichen Zusammensetzung von Gebäuden haben,

c) von Materialentscheidungen direkt oder indirekt betroffen sind.

Hieraus ergibt sich ein jeweiliger Informationsbedarf – u. a. im Zusammenhang mit der Materialauswahl, der Einschätzung materialbedingter Risiken für Umwelt und Gesundheit, der Beurteilung der Rückbau- und Recyclingmöglichkeiten auf Bauwerks- und Bauteilebene, der Festlegung von Austauschzyklen bei Bauwerksteilen und Komponenten und der Dimensionierung eines Instandhaltungsbudgets, der Ermittlung der Lebenszykluskosten und/oder einer Ökobilanz, einer kompletten Nachhaltigkeitsbewertung, der Bewilligung und Vergabe von Fördermitteln oder der Vorbereitung von Modernisierungs-, Umbau- und/oder Rückbaumaßnahmen.

Akteure haben in Bezug auf Informationen zu den in Gebäuden und baulichen Anlagen verbauten Materialien einen Bedarf an einem entweder vollständigen Bild zu sämtlichen Fragen oder an Informationen zu ausgewählten Teilaspekten. In letzterem Fall entsteht erst durch die Zusammenschau aller Teilaspekte, an denen konkrete Akteursgruppen ein Interesse haben oder künftig haben könnten, die vollständige Liste des tatsächlichen Bedarfs an (Teil-)Informationen.

Der jeweilige spezifische Informationsbedarf ergibt sich u. a. aus der Aufgabe/Rolle des Akteurs im Zusammenhang mit einem konkreten Anlass. Der Informationsbedarf unterschiedlicher Akteure wird hier auch deshalb intensiv analysiert und diskutiert, um eine bestehende Nachfrage nach einer systematischen und detaillierten Bauwerksdokumentation herauszuarbeiten. Zweifel an der Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit bauwerksspezifischer Materialinventare sollen so überwunden werden.

Tabelle 20 benennt und beschreibt verschiedene Informationen mit Bezug zu verbauten Materialien in Gebäuden, die auf Basis von Erfahrungen der Autoren häufig nachgefragt werden.

Die genannten Informationen, die von unterschiedlichen Akteuren zu unterschiedlichen Anlässen nachgefragt bzw. zwischen diesen ausgetauscht werden, können in ein Anforderungsprofil für Materialinventare einfließen.

Tabelle 20 Nachgefragte Informationen zur materiellen Zusammensetzung von Bauwerken

Nr.	Materialinformation	Erläuterungen
01)	Art der Bauweise	Über eine Beschreibung der Bauweise ergeben sich erste Hinweise auf verwendete Hauptbaustoffe und die Konstruktionsprinzipien – z. B. Stahlbetonskelettbau. Diese Information eignet sich für den Bauantrag und die Baubeschreibungen sowie für Statistiken zur Bautätigkeit, lässt aber auch Rückschlüsse auf die Rückbaubarkeit und ein Recyclingpotenzial zu.
02)	Materialart	Es besteht ein Interesse an der Beschreibung der im Gebäude verbauten Materialarten. Die Beschreibung kann u. a. Rückschlüsse auf die bei deren Herstellung **in Anspruch genommenen Ressourcen** ermöglichen und dient der Erfassung des „Stofflagers“ Einzelbauwerk auch im Kontext eines künftigen Urban Mining. Über **Produktbezeichnungen und Herstellerangaben** können Haftungsfragen geklärt und zusätzliche Informationen erschlossen werden (Zugang zu Wartungs- und Pflegeanleitungen, Zugang zu Rezepturen und Inhaltsstoffen, Zugang zur EPD, Zuordnung Abfallschlüsseln)

Nr.	Materialinformation	Erläuterungen
03)	Materialqualität	Bei einer Zuordnung zu detaillierten Materialgruppen besteht ein Bedarf an konkreten Hinweisen auf die Qualität(en) des Materials/des Produkts – z. B. die Betonklasse. Angaben zur Materialqualität liefern auch erste Hinweise auf Möglichkeiten der Weiterverwendung oder Verwertung.
04)	Masse- und/oder volumenbezogene Materialmengen	Es besteht ein Interesse an verbauten Materialmengen. Sie liefern Grundlagen für die Ökobilanzierung des Gebäudes (ggf. unter Berücksichtigung von Streu- und Buchverlusten), eine Unterstützung für die Kostenermittlung, die Bestimmung der Bauwerksmasse, Lastannahmen bei nachträglichem Einbau. Die Angabe der Dichte ist damit eine wichtige Information. Aus Art und Menge verbauter Materialien kann auf die bei einem Rückbau von Bauwerksteilen bzw. des Bauwerks anfallende Menge an Bauteilen und Material geschlossen werden.
05)	Technische Lebensdauer	Angaben zur technischen Lebensdauer (zum Abnutzungsvorrat) bzw. zur mittleren Verweildauer von Elementen oder Materialien im Bauwerk oder Bauwerksteil werden für die Bestimmung der Austausch- oder Ausbauzeitpunkte für Bauteile, Materialien oder Komponenten benötigt. Sie sind damit eine Ausgangsgröße für die Ökobilanzierung, Lebenszykluskostenrechnung, Wertermittlung (Restwert), Instandhaltungsplanung, Festlegung des Instandhaltungsbudgets bzw. die Dimensionierung einer Instandhaltungsrücklage. Bei einer dynamischen Betrachtung erlauben sie die Abschätzung des Zeitpunkts für den Anfall ausgebauter Materialien.
06)	Art der Verbindung (mit anderen Materialien/Schichten)	Die Art der Verbindung (lösbar/nicht lösbar) lässt Rückschlüsse auf die Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit von Bauwerken bzw. Bauteilen und damit auf Art und Umfang eines möglichen Recyclings zu – sowohl für den Fall von Ersatzinvestitionen (Austausch) als auch beim Rückbau des Gebäudes selbst. Informationen werden nachgefragt u. a. bei der Nachhaltigkeitsbewertung, der Abschätzung eines Recyclingpotenzials. Rückschlüsse sind auch möglich auf Art und Umfang einer Vermischung und Verschmutzung beim Ausbau. Die Wahrscheinlichkeit einer Vermischung und Verschmutzung ist Grundlage einer korrekten Zuordnung von Abfallschlüsseln.
07)	Einbauort	Sowohl für Dauer der Nutzung als auch für die Art der Beanspruchung ergibt sich ein Einfluss durch den Einbauort (z. B. Dach, Fundament, Innenwand, Außenwand). Materialangaben sollen konkreten Bauwerksteilen/Einbauorten zugeordnet werden.
08)	Einbaulage	Bilden Materialen die Innen- oder Außenschicht eines Bauteils, lassen sich nicht nur Rückschlüsse auf die Aktivierung eines ggf. vorhandenen Ausgasungs- und Auswaschungspotenzials und damit Rückschlüsse auf mögliche Wirkungen bzw. Risiken für die Gesundheit oder die lokale Umwelt ziehen, auch Risiken einer Verschmutzung von Bauteilen während der Nutzung aus externen Quellen können abgeschätzt werden (Lagerhallen, Chem. Reinigung, Tankstelle, Bahngleise).
09)	Rezeptur	Nur die Rezeptur, bei komplexen Bauteilen wie Fenster oder Heizungsanlagen eine Beschreibung der Komponenten, lässt Rückschlüsse auf die in Anspruch genommenen Ressourcen zu. Dabei ist von Interesse, ob es sich bereits um Recyclingprodukte handelt bzw. Sekundärrohstoffe verwendet wurden
10)	Stoffgehalt zum Zeitpunkt des Ausbaus	Es besteht ein Interesse daran, welche Materialien zum Zeitpunkt des Austausches von Bauwerksteilen bzw. eines Rückbaus des Bauwerks ausgebaut werden und welche Stoffe (auch Gefahr- und Störstoffe – siehe auch 11) und 12) - sie zu diesem Zeitpunkt

Nr.	Materialinformation	Erläuterungen
		enthalten.
11)	Schadstoffgehalt	Hinweise zu im Material enthaltenen Schadstoffen (nicht Rezeptur, sondern stoffliche Zusammensetzung) erlauben Abschätzungen von Risiken gegenüber der Gesundheit von Verarbeitern, Nutzern oder Nachbarn sowie der lokalen Umwelt. Der Gehalt an Schadstoffen wirkt sich auf Recyclingeigenschaften aus (Vermeidung der Anreicherung von Schadstoffen in Stoffkreisläufen). Es ist zu prüfen, ob und inwieweit je nach Einbauort und Einbaulage diese Risiken tatsächlich auftreten.
12)	Verunreinigungsgrad	Es besteht ein Bedarf an Informationen zum Verunreinigungsgrad des Materials während der Nutzung und nach dem Ausbau. Verunreinigungen müssen sich nicht auf Schadstoffe beziehen – es handelt sich um Gemische mit Stör und Fremdstoffen, welche die Recyclingfähigkeit gefährden können
13)	Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit	Es besteht ein Bedarf an Informationen, ob und inwieweit sich das Material/Produkt für Rückbau und insbesondere ein Recycling eignet. Lässt es sich u. a. sortenrein ausbauen? Dieses Merkmal wird sowohl durch Material- als auch Bauteileigenschaften sowie die Art des Rückbaus beeinflusst. Es ergibt sich u. a. eine Abhängigkeit von der Art der Verbindung von Materialien unterschiedlicher Stoffgruppen und den Möglichkeiten ihrer Lösbarkeit.
14)	Recyclingwahrscheinlichkeit	Es besteht ein Interesse an einer Einschätzung der Recyclingwahrscheinlichkeit – liegt z. B. eine Rücknahmeverpflichtung durch Hersteller vor, gibt es typische Entsorgungspfade. Aus der Recyclingwahrscheinlichkeit kann auf das Recyclingpotenzial (Modul D) für Gebäude geschlossen werden. U. a. kann abgeschätzt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine stoffliche oder thermische Verwertung erfolgen kann. Die (weit) in der Zukunft liegende Verwertung kann nur prognostiziert bzw. in Form von Szenarien angenommen werden.

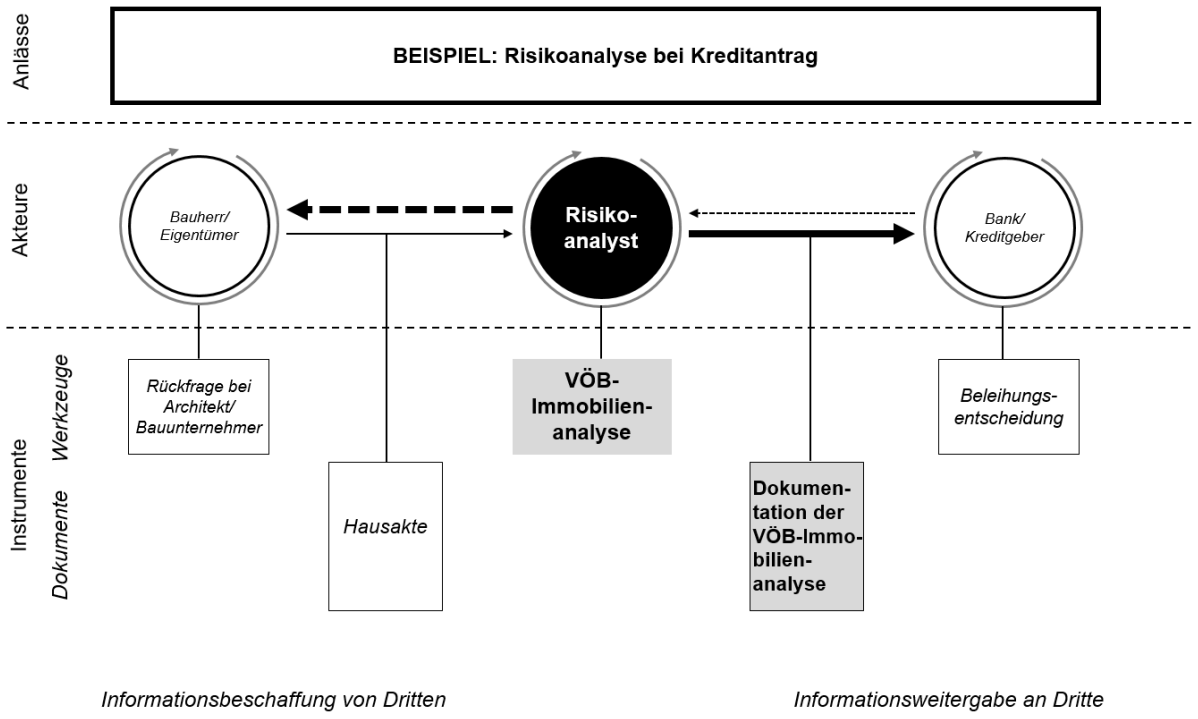
Quelle: eigene Darstellung

3.4.2 Akteurs- sowie Anlass-Akteur-Instrument-Konstellationen

Akteure treten zu ausgewählten Anlässen im Lebenszyklus von Gebäuden nicht allein und isoliert in Erscheinung, sondern stehen mit anderen Akteuren in einer Beziehung. Die Nachfrage, Generierung, Bereitstellung, Verarbeitung und Dokumentation von Informationen findet entlang von Informationsketten statt. Die Beziehungen von Akteuren werden hier als Akteurskonstellationen bezeichnet. Im Projekt KartAL IV werden Akteurskonstellationen in der bereits in Abschnitt 1.5.2 vorgestellten Form dargestellt, in denen die wichtigsten Akteure in Beziehung zueinander gesetzt werden. Informationsflüsse werden als Pfeile dargestellt.

Akteurskonstellationen haben einen Anlass-Bezug. Ein Beispiel für eine Akteurskonstellation zeigt Abbildung 27. Sie bezieht sich auf den Anlass „Risikoanalyse bei Kreditantrag“. Im Zentrum steht hier ein Risikoanalyst, der im Auftrag einer Bank eine Risikoanalyse erstellt. Dabei verwendet er hier das Instrument der VÖB-Immobilienanalyse des Bundesverbands Öffentlicher Banken Deutschlands (VÖB 2006) und bezieht die dafür benötigten Informationen aus verschiedenen Quellen, wie der Hausakte, Begehungen oder direkt vom Eigentümer oder Bauherrn, der dann gegebenenfalls selbst Informationen von anderen Stellen (Planer des Gebäudes) einholen muss.

Abbildung 27 Anlass-Akteure-Instrumente-Konstellation auf Bauwerksebene – Beispiel



Quelle: Eigene Darstellung

Die Abbildung zeigt den Informationsbedarf des Analysten gegenüber dem Eigentümer eines Gebäudes (gestrichelte Linie). Er hat hier ein besonderes Interesse an der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit eigebauter Materialien. Dies wird im Instrument der VÖB-Immobilienanalyse als Objektmerkmal *3.5.1 Umweltverträglichkeit der Baumaterialien* nachgefragt. Der Eigentümer übergibt im Idealfall einen Gebäudepass bzw. eine Hausakte, die derartige Informationen enthält, oder muss beim Planer und/oder Bauunternehmen (meist erfolglos) nachfragen. Fehlende Informationen werden ggf. als Risiko eingestuft. Kann der Bauherr nachweisen, dass nur umwelt- und gesundheitsverträgliche Produkte verbaut wurden, erhält er in diesem Punkt eine günstige Risikobeurteilung. Der Analyst bezieht diesen Punkt in seine Risikobewertung unter Nutzung eines eigenen Instruments ein und übermittelt den Bericht der Bank (fette Linie). Diese bezieht das ermittelte Risiko in die Finanzierungsentscheidung sowie die Festlegung der Finanzierungskonditionen ein, soweit es sich um eine Projektfinanzierung handelt. (vgl. Lützkendorf et al. 2007) Die gewählte Darstellungsform ist prinzipiell geeignet, auf Akteurskonstellationen aller Art übertragen zu werden, um die Nachfrage nach und Bereitstellung von Informationen inklusive der Informationsflüsse zu illustrieren und den Akteuren Instrumente zuzuordnen.

Ein zentraler Ansatz des hier bearbeiteten Projektes liegt in der Identifikation von Akteursgruppen, die zur Erfüllung ihrer Aufgaben Informationen zu den in Gebäuden verbauten Materialien nutzen. Zu konkreten Anlässen im Lebenszyklus nehmen sie eine Rolle wahr, tauschen u. a. Informationen mit Dritten aus und nutzen Instrumente. Im Kontext dieses Berichtes wird nicht exakt zwischen Akteuren und ihren Rollen unterschieden. „Bauherr“ ist eigentlich eine „Rolle“, die u. a. von Institutionen oder Haushalten wahrgenommen wird. Aus Gründen der Vereinfachung wird hier dennoch die Akteursgruppe „Bauherren“ eingeführt. Dies folgt der weit verbreiteten Typologie der „am Bau Beteiligten“, wie sie auch in der Musterbauordnung (Bauministerkonferenz 2016) benannt werden.

Im Rahmen dieses Projekts werden aus der Gesamtheit der im weitesten Sinne an der Planung, Herstellung, Errichtung, Nutzung, Finanzierung, Versicherung, Verwaltung, Begutachtung sowie

am Rückbau, der Aufbereitung und der Entsorgung beteiligten Akteursgruppen die nachstehend genannten als besonders relevant ausgewählt. Detaillierte Beschreibungen können dem Anhang B zu Kapitel 3 entnommen werden. Analysierte Akteure mit Bezug zu bauwerksspezifischen Materialinventaren sind:

- Bauherr
- Architekt (Neubau-, Umbau-, Rückbauplanung)
- Untere Baubehörde
- Verwalter/Facility Manager
- Eigentümer
- Banken/Investoren
- Ökobilanzierer/Nachhaltigkeitsbewerter
- Projektentwickler
- Bauunternehmen/Handwerksbetriebe
- (Bau)Produkthersteller
- Fertighaushersteller
- Portfoliomanager
- Wertermittler
- Fördereinrichtung
- Versicherer
- DueDiligence-Spezialist
- Rückbau-/Abrissunternehmen
- Recycling-/Entsorgungsunternehmen

Der jeweilige Informationsbedarf entsteht im Zusammenhang mit konkreten Anlässen. Im Rahmen dieses Projekts werden insbesondere die nachstehend genannten Anlässe im Lebenszyklus eines Einzelbauwerks berücksichtigt. Nicht alle Anlässe sind völlig unabhängig voneinander. Wertermittlungsgutachten liefern z. B. eine Grundlage für Investitions- (Kauf-) und Finanzierungsentscheidungen. Detaillierte Beschreibungen zu ausgewählten Anlässen können Anhang B zu Kapitel 3 entnommen werden. Analysierte Anlässe mit Bezug zu bauwerksspezifischen Materialinventaren sind:

- Risikoanalyse bei Kreditantrag
- Finanzierung/Beleihung
- Neubau-/Umbau-/Modernisierungsplanung

- Neubau/Umbau/Modernisierung/Rückbau
- Zertifizierung/Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden
- Ankauf/Verkauf bzw. Anmietung/Vermietung (Transaktion)
- Bewirtschaftung/Verwaltung
- Bauantragstellung
- Förderantragstellung
- Rückbauplanung

Akteure erzeugen, fordern, sammeln, verarbeiten, transformieren und kommunizieren zu ausgewählten Anlässen Informationen zu in Bauwerken verbauten Materialien. Dies erfolgt unter Nutzung von Instrumenten, darunter spezifische Dokumente in vorgegeben oder freien Formaten. „Instrument“ wird hier im weiteren Sinne interpretiert. Neben Dokumenten gibt es weitere Instrumente wie Exposés, Planungs- und Bewertungshilfsmittel, Förderprogramme und Formulare, beispielsweise statistische Erhebungsbögen, sowie Formate und Softwareanwendungen zur Bauwerksdokumentation. Eine Übersicht liefert die folgende Auflistung. Detaillierte Beschreibungen zu ausgewählten Instrumenten können Anhang B zu Kapitel 3 entnommen werden. Analysierte Instrumente mit Bezug zu bauwerksspezifischen Materialinventar sind:

- VÖB-ImmobilienAnalyse
- CO2-Bonus – Münchner Förderprogramm Energieeinsparung
- BNB-Nachhaltigkeitsbewertungssystem
- Ausführungs-/Architektenpläne
- Übergabedokumentation/Grundstücksakte
- Bauzeichnung, Bestands-/Revisionspläne
- Building Information Modelling (BIM)
- Bauantrag, Baubeschreibung, Bauvoranfrage
- Baugenehmigung, Bauvorbescheid
- BNB-Dokumentation
- Zertifizierungen, Ratings
- Due-Diligence-Reports/Risikobewertung
- Hausakte/Gebäudepass
- Planungs- und Bewertungshilfsmittel LEGEP
- Hilfsmittel für die gebäudebezogene Ökobilanzierung eLCA

- (Muster-)Baubeschreibung
- Makler-Exposé
- Bautätigkeitsstatistik/Statistik der Abgänge
- Entsorgungsnachweise
- EU-Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten – vorgeschaltete Abfallaudits
- Umweltzeichen Hafencity Hamburg
- Statistische Erhebungsbögen
- SIB-BAUWERKE-Software
- Bauwerksbücher

Über die oben genannten Akteursgruppen, Anlässe und Instrumente lassen sich praxisgerechte Anlass-Akteure-Instrumente-Konstellationen beschreiben – siehe hierzu auch Abschnitt 3.4.3.

3.4.3 Akteursgruppen und ihr Interesse an Materialinformationen

Akteursgruppen lassen sich unter anderem danach charakterisieren, ob sie im Rahmen ihrer Tätigkeiten ein direktes Interesse an Materialinformationen zeigen, also ob sie Informationen erzeugen oder nachfragen, die unmittelbar Aussagen über die materielle Zusammensetzung eines Bauwerks machen oder ob sie andere Informationen benötigen oder bereitstellen, die nur mittelbar Rückschlüsse auf die Zusammensetzung zulassen. Eine weitere Aufteilung lässt sich entsprechend dahingehend treffen, ob Akteursgruppen Informationen überwiegend vorhalten, verarbeiten, produzieren oder nachfragen. Demnach können folgende Unterscheidungen getroffen werden:

Akteursgruppen mit einem direkten Interesse an Materialinformationen

Bauherren, Eigentümer, Architekten, (Kosten-)Planer, Projektentwickler, Facility Manager, Bau- und Abbruchunternehmen und Handwerker, (Bau-)Produkthersteller und auch die Fertighausindustrie weisen ein überwiegend direktes Interesse an materialbezogenen Informationen auf und treten dabei hauptsächlich als Bereitsteller von Informationen auf, fragen diese aber auch nach. Due Diligence-Spezialisten, Ökobilanzierer/Nachhaltigkeitsbewerter treten hauptsächlich als Informationsnachfrager mit einem direkten Interesse an Materialinformationen auf.

Akteursgruppen mit einem indirekten Interesse an Materialinformationen

Akteursgruppen wie Verwalter, Portfoliomanager, Wertermittler, Banken, Investoren, Fördereinrichtungen oder Versicherungen haben i.d.R. ein indirektes Interesse an Materialinformationen, insbesondere solchen, die das Risikoprofil der Immobilie beeinflussen können, wie zum Beispiel bekannte Belastungen mit Schad- oder Gefahrstoffen. Diese Gruppen treten hauptsächlich als Informationsnachfrager auf.

Der spezifische Informationsbedarf verschiedener Akteursgruppen unterscheidet sich auch hinsichtlich Art und Umfang von materialbezogenen Informationen, die sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben benötigen. Tabelle 21 gibt eine Übersicht und basiert auf den Erfahrungen und Einschätzungen der Bearbeiter dieser Studie. Über die Ziffern im Kopf der Tabelle sind Beschreibungen zur Art der nachgefragten Informationen zugänglich, diese können Tabelle 20 entnommen werden.

Deutlich wird, dass die meisten Akteursgruppen einen spezifischen Bedarf an ausgewählten Kategorien von Informationen haben, während Akteure, die in allen Phasen des Lebenszyklus von Bauwerken eine Rolle spielen, wie z. B. Architekten, ein umfangreicheren Informationsbedarf aufweisen. Sie tragen andererseits auch zu dessen Deckung bei.

Tabelle 21 Übersicht zum Informationsbedarf ausgewählter Akteursgruppen

Informationsbedarf	Akteur interessiert sich typischerweise für:													
	Art der Bauweise	Materialart	Materialqualität	Materialmengen	Technische Lebensdauer	Art der Verbindung der Schichten	Einbauort	Einbaulage	Rezeptur	Stoffgehalt beim Ausbau	Schadstoffgehalt	Verunreinigungsgrad	Rückbau- /Recyclingfreundlichkeit	Recyclingwahrscheinlichkeit
	Für weitergehende Erläuterung siehe Abschnitt 4.5.1													
Akteure	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)
Bauherr	●	●	○		●						●		○	
Eigentümer	●	●	○		●						●		●	
Architekten	●	●	●	●	●	●	●	●			●		●	
Projektentwickler	●	●			●								●	●
Bauunternehmen	●	●	●	●		●	●	●			●			
(Bau-)Produkt-hersteller		●	●		●		○	○	●		●		○	
Fertighausindustrie	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●		●	●
Verwalter/ Portfoliomanager	●	●	●	●	●						●		○	
Wertermittler	●	●	●		●			●			●		○	
Banken, Investoren					●						●		○	
Fördereinrichtung	●	●	●										●	●
Versicherungen	○				○						●			
Ökobilanzierer	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Nachhaltigkeits-bewerter	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	●	○	●	○
Due Diligence-Spezialist	○	○	○		●	○					●		○	
Facility Manager	○	○			●						●		○	
Rückbau-/ Abrissunternehmen	●	○		●		●	○			●	●	○	●	
Recycling-/ Entsorgungsuntern.		○	●	●			○	○	●	●	●	●	●	
	Legende:					○	schwache Nachfrage				●	starke Nachfrage		

Quelle: eigene Zusammenstellung

3.4.4 EXKURS: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)

Stellvertretend für Systeme zur Bewertung und Zertifizierung des Beitrags von Einzelbauwerken zu einer nachhaltigen Entwicklung weist das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) (BMI 2018) den umfassendsten Informationsbedarf aller auf Bauwerksebene betrachteten Instrumente auf, es werden alle Themen abgedeckt.

Tabelle 22 zeigt die Kategorien an materialbezogenen Informationen auf, die für die Erstellung einer Nachhaltigkeitsbewertung nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes benötigt werden. Alle Kategorien werden nachgefragt. Das bedeutet unter anderem, dass dieses Instrument eine starke Nachfrage nach einer detaillierten Darstellung und Dokumentation zur materiellen Zusammensetzung von Bauwerken auslöst, selbst aber auch über die Darstellung der Ergebnisse zur wertvollen Informationsquelle für Dritte werden kann. Ähnliches gilt für das Deutsche Gütesiegel nachhaltiges Bauen (DGNB 2020) der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen sowie in eingeschränktem Maße für das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh 2019).

Am Beispiel BNB kann ein gegenläufiger Informationsaustausch zwischen Akteuren beschrieben werden. Durch die Bewertungsaufgaben entsteht zunächst eine Nachfrage nach Informationen zu den im Gebäude verbauten Materialien. Diese Nachfrage richtet sich an Planer, Bauproduktthersteller sowie ggf. auch Bauunternehmen. Gleichzeitig entstehen Bewertungsergebnisse und Unterlagen, die Dritte für die Wertermittlung, Risikoanalyse, Nachhaltigkeitsberichterstattung usw. einsetzen können – siehe auch Tabelle 23.

Tabelle 22 BNB Kategorien und Kriterien

BNB-Kriterien Nr.:	1.1.1 ff	1.1.6	2.1.1	4.1.4	5.1.3	5.1.5	BNB
BNB-Kriterien	**Ökobilanzierung**	**Risiken für die lokale Umwelt**	**Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus**	**Rückbau, Trennung und Verwertung**	**Komplexität und Optimierung der Planung**	**Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung**	**gesamt**
Informationsbedarf	*Für weitergehende Erläuterung siehe Abschnitt 4.5.1*						
1. Art der Bauweise	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
2. Materialart	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	✓
3. Materialqualität	(✓)		(✓)	(✓)		✓	(✓)
4. Masse- und/oder volumen-bezogene Materialmengen	✓		✓	✓	✓	✓	✓
5. Technische Lebensdauer	✓		✓		✓	✓	✓
6. Art der Verbindung der Schichten	✓		(✓)	✓	✓	✓	✓
7. Einbauort		✓		(✓)		✓	✓
8. Einbaulage		✓				✓	✓
9. Rezeptur	(✓)					(✓)	(✓)
10. Stoffgehalt zum Zeitpunkt des Ausbaus	(✓)	(✓)		(✓)		(✓)	(✓)
11. Schadstoffgehalt		✓			(✓)	✓	✓
12. Verunreinigungsgrad			(✓)	(✓)		(✓)	(✓)
13. Rückbau- und Recycling-freundlichkeit	✓		(✓)	✓	✓	✓	✓
14. Recyclingwahrscheinlichkeit	✓		(✓)	(✓)	(✓)		✓

Legende:	✓	die Information wird für dieses Kriterium abgefragt	(✓)	ggf. wird ein Teil der Informationen benötigt

Quelle: eigene Zusammenstellung

Tabelle 23 Einordnung der Informationen und Dokumentation für die BNB-Kriterien

BNB-Kriterien Nr.:	1.1.1 ff	1.1.6	2.1.1	4.1.4	5.1.3	5.1.5	BNB
Kategorien	Ökobilanzierung	Risiken für die lokale Umwelt	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	Rückbau, Trennung und Verwertung	Komplexität und Optimierung der Planung	Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung	gesamt
1. Gibt es Nachfrage?	✓	✓	✓	✓	✓		✓
2. Informationsbearbeitung/-bewertung	✓	✓	✓	✓	(✓)	(✓)	✓
3. Entstehen dabei Dokumente?	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓
4. Dokumente zur Weitergabe an Dritte?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Quelle: eigene Zusammenstellung

3.4.5 EXKURS: Beschreibung der Inanspruchnahme primärer Rohstoffe

Im Kontext der Thematik Ressourceneffizienz, Ressourcenschonung und Ressourcenmanagement wächst das Interesse an Möglichkeiten einer Erfassung und Bewertung der in Anspruch genommenen Primärrohstoffe. Dies wird u. a. deutlich im Kontext der Grundanforderungen an Bauwerke (Abschnitt 3.3.1, des Berichtsformats von LEVEL(s) (Abschnitt 3.3.2) sowie des Bewertungssystems BNB (Abschnitt 3.4.4). Erwartet wird jeweils eine Rückverfolgung der verbauten Materialien bis hin zu den Kategorien primärer Rohstoffe (1) mineralische Rohstoffe, (2) Erze, (3) Biomasse und (4) fossile Energieträger. Zu beachten ist dabei auch ein enger Zusammenhang zwischen der Schonung von Ressourcen und der Senkung des Energieaufwands sowie der Reduzierung von Treibhausgasemissionen und anderer unerwünschter Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt.

Vor Aufnahme derartiger Angaben in ein Anforderungsprofil für bauwerksspezifische Materialinventare ist aus Sicht der Bearbeiter dieses Projektteils zu prüfen, ob und inwieweit derartige Daten verfügbar sind. Dies ist Gegenstand in diesem Exkurs.

Bei der Erfassung der Inanspruchnahme primärer Rohstoffe werden sowohl in der Statistik (Eurostat 2019) als auch in verschiedenen Bewertungssystemen (Detzel et al. 2016, EU 2017) und der sonstigen Literatur (Lutter et al. 2016, Mayer et al. 2018, Bringezu et al. 2019) mit leicht abweichenden Bezeichnungen die folgenden vier Gruppen unterschieden:

- Biomasse bzw. biotische Primärrohstoffe
- Nicht-metallische Mineralstoffe bzw. mineralisch-nicht metallische Primärrohstoffe
- Metallische Erze bzw. mineralisch-metallische Primärrohstoffe
- Fossile Energieträger bzw. Energierohstoffe, nicht erneuerbar

Die im Projektteil bearbeiteten bauwerksspezifischen Materialinventare konzentrieren sich auf die in Gebäuden und baulichen Anlagen verbauten Materialien. Sie entsprechen damit im

weitesten Sinne den in VDI 4800 - Blatt 2:2018 erwähnten **Materiallisten**. Damit lassen sich zwar unterschiedliche Fragestellungen behandeln, eine Rückverfolgung bis zur Inanspruchnahme primärer Rohstoffe im Sinne von Ressourcen erfolgt jedoch hier zunächst nicht. Dies würde – soweit im Interesse der Bewertung der Ressourceninanspruchnahme und des Ressourcenmanagements gewünscht – einen weiteren Bearbeitungsschritt erforderlich machen. Im Ergebnis könnten von VDI 4800 Blatt 2 als **Rohstofflisten** bezeichnete Zusammenstellungen zu den genutzten Rohstoffen erfolgen und einen Beitrag zum Ressourcenmanagement im engeren Sinne leisten.

In diesem Kontext ist es sinnvoll, die Begriffe „Ressourcen" und „Rohstoffe" zu klären. Eine Publikation des UBA bietet hierzu folgende Definitionen an: *„Natürliche Ressource (Naturkapital): Ressource, die Bestandteil der Natur ist.* ***Hierzu zählen erneuerbare und nicht erneuerbare Rohstoffe****, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z. B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie die Biodiversität. Es ist hierbei unwesentlich, ob die Ressourcen als Quellen für die Herstellung von Produkten oder als Senken zur Aufnahme von Emissionen (Wasser, Boden, Luft) dienen."* (Giegrich et al. 2012, S. 9)

„Rohstoff: Stoff oder Stoffgemisch, der/das als eine ***natürliche Ressource*** *bis auf die Lösung aus seiner/ihrer natürlichen Quelle noch keine Bearbeitung erfahren hat. Der Rohstoff wird aufgrund seines Gebrauchswertes aus der Natur gewonnen und entweder direkt konsumiert oder als Ausgangsmaterial für die weitere Verwendung in der Produktion eingesetzt."* (Giegrich et al. 2012, S. 8)

Eine Möglichkeit zur Erfassung der in Anspruch genommen Primärrohstoffe im Sinne von Ressourcen ist der kumulierte Rohstoffaufwand (KRA). Der Kumulierte Rohstoffaufwand (KRA) ist definiert als die Summe aller in ein System eingehenden Rohstoffe – außer Wasser und Luft – ausgedrückt in Gewichtseinheiten (Giegrich et al. 2012). VDI 4800 Blatt 2 definiert den Indikator als *„Summe der zur Herstellung und zum Transport eines Produkts aufgewendeten Primärrohstoffe, inklusive Energierohstoffe, entlang der Wertschöpfungskette*" (VDI 2018, S. 5). Ungenutzte Materialien wie Abraum werden bewusst ausgeschlossen, um einen Indikator für die Ressourceninanspruchnahme zu erhalten. Der Indikator ist differenziert in metallisch, mineralisch, fossil und biotisch dazu geeignet, den Ressourcenbedarf bei der Herstellung von Bauprodukten auszudrücken. Die konkreten Unterkategorien sind

- Energierohstoffe, nicht erneuerbar
- Mineralisch-metallische Rohstoffe
- Mineralisch-nicht metallische Rohstoffe
- Biotische Rohstoffe

VDI 4800 Blatt 2 unterscheidet in Übereinstimmung mit dieser Systematik

- KRA Energierohstoffe, nicht erneuerbar
- KRA mineralisch-metallisch
- KRA mineralisch, nicht metallisch
- KRA biotisch

In (Giegrich et al. 2012) finden sich für zahlreiche Rohstoffe und (Halb)produkte spezifische Werte zum KRA. Angaben zur Inanspruchnahme von Biomasse sind nicht enthalten. Die Abbildung 28 bis Abbildung 31 stellen ausgewählte Beispiele vor.

Abbildung 28 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Baukies

Aggregierte Kennzahlen und Teilgrößen (Bezugsgröße: 1 t)					
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	1.041	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Energierohstoffe	1	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Metallrohstoffe	0	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Steine und Erden	1.040	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, sonstige mineral. Rohstoffe	0	kg/t			IFEU-Rechnung

Quelle: Giegrich et al. 2012; Seite A 9

Abbildung 29 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Zement

Aggregierte Kennzahlen und Teilgrößen (Bezugsgröße: 1 t)					
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	1.468	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Energierohstoffe	86	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Metallrohstoffe	2	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Steine und Erden	1.379	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, sonstige mineral. Rohstoffe	1	kg/t			IFEU-Rechnung

Quelle: Giegrich et al. 2012; Seite A 128

Abbildung 30 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Nadel-Rundholz ohne Rinde

Aggregierte Kennzahlen und Teilgrößen (Bezugsgröße: 1 t)					
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	1	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Energierohstoffe	1	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Metallrohstoffe	0	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Steine und Erden	0	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, sonstige mineral. Rohstoffe	0	kg/t			IFEU-Rechnung

Quelle: Giegrich et al. 2012; Seite A 72

Abbildung 31 Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Stahl

Aggregierte Kennzahlen und Teilgrößen (Bezugsgröße: 1 t)					
Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)	10.023	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Energierohstoffe	1.045	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Metallrohstoffe	8.654	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, Steine und Erden	301	kg/t			IFEU-Rechnung
KRA, sonstige mineral. Rohstoffe	24	kg/t			IFEU-Rechnung

Quelle: Giegrich et al. 2012; Seite A 108

Es wird deutlich, dass ein methodischer Ansatz für die Erfassung in Anspruch genommener Rohstoffe existiert und erste Daten vorliegen. Um derartige Angaben in Materialinventare zu übernehmen, müssen die Angaben für Materialen aller Art vorliegen und zugänglich sein. Dies hätte u. a. Konsequenzen für die Datenbank ÖKOBAUDAT des BMI/BBSR. Die ÖKOBAUDAT hält bisher zu berücksichtigten Produkten folgende Informationen vor:

- Potenzial für den abiotischen Abbau nicht fossiler Ressourcen ($ADP_{Elements}$) in kg Sb-Äq.
- Potenzial für den abiotischen Abbau fossiler Brennstoffe (ADP_{Fossil})

Weiterhin werden in der ÖKOBAUDAT die in Tabelle 24 genannten Informationen verwaltet.

Tabelle 24 Auswahl der in der ÖKOBAUDAT verwalteten Informationen

Inputseitig		Outputseitig	
Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)	Input	Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)	Output
Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)	Input	Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)	Output
Total erneuerbare Primärenergie (PERT)	Input	Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)	Output
Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)	Input	Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)	Output
Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)	Input	Stoffe zum Recycling (MFR)	Output
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Input	Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)	Output
Einsatz von Sekundärbrennstoffen (SM)	Input	Exportierte elektrische Energie (EEE)	Output
Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)	Input	Exportierte thermische Energie (EET)	Output
Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)	Input		
Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	Input		

Deutlich wird, dass sich bisher durch Angaben in der ÖKOBAUDAT u. a. der Einsatz von Sekundärrohstoffen rückverfolgen lässt, nicht jedoch die Inanspruchnahme von mineralischen Rohstoffen und von Erzen. Hier ergibt sich ein Ergänzungsbedarf. Soweit Daten zum Einsatz an primären Rohstoffen auf Basis einer anerkannten Methode vorliegen, sollte die ÖKOBAUDAT entsprechend erweitert werden. Die prinzipielle Bereitschaft ist gegeben.

Im Sinne einer Überbrückungslösung besteht die Möglichkeit, benötigte Daten zur Rohstoffinanspruchnahme derzeit aus der Datenbank ECOINVENT zu übernehmen (vgl. KBOB 2018). Sie hält diverse Einzelangaben zu in Anspruch genommenen Rohstoffen vor, darunter auch zu Kupfer, Eisen, Aluminium, Ton, Kies, Sand, Gips, Rohöl, Kohle, Holz.

In einer Publikation des Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (Frischknecht et al. 2018, S. 88 ff) wird die Methode der Ermittlung von Materialfußabdrücken vorgestellt. Diese werden für die Kategorien Erze, Mineralien, fossile Energieträger und Biomasse ausgewiesen.

Grundsätzlich besteht damit die Möglichkeit, Art und Umfang verwendeter Materialien bis zur Inanspruchnahme primärer Rohstoffe zurückzuverfolgen und die Effekte beim Einsatz von aus Sekundärstoffen hergestellter Materialien auszuweisen. Dies erlaubt einen performanceorientierten Umgang mit der Recyclingthematik.

3.4.6 EXKURS: Erfassung des Kohlenstoffgehalts von Bauprodukten

Im Zusammenhang mit der Erfassung der in Bauwerken verbauten Materialien wächst das Interesse an Angaben zu deren Kohlenstoffgehalt (carbon content). DIN EN 15804 (DIN 2020) sieht Angaben zum carbon content als eine Zusatzinformation bei der Erstellung von Umweltproduktdeklarationen vor.

In Deutschland existiert für den Kohlenstoffgehalt von Bauprodukten eine gute Datengrundlage (vgl. Diestel und Weimar 2018). Abbildung 32 stellt Beispiele vor. Der C-Faktor liefert dabei die

Grundlage für die Ermittlung des Kohlenstoffgehalts in holzbasierten Produkten. Für komplexere Bauteile, z. B. Fenster mit Holzrahmen, muss der Holzanteil bekannt sein.

Abbildung 32 C-Faktoren$_{Holz}$ für Warennummern in Position 4410

Waren-nummer	Beschreibung	Faktor-bezug	C-Faktor$_{Holz}$	Informationen aus Quellen
4410 11 10	Spanplatten, roh oder nur geschliffen	Tonne	0,417	Rinde[28] , Wasser, Bindemittel und Wachs[88]
4410 11 30	Spanplatten auf der Oberfläche mit Melamin imprägniertem Papier beschichtet	Tonne	0,416	Rinde[28] , Wasser, Bindemittel und Wachs[88]
4410 11 50	Spanplatten auf der Oberfläche mit Dekorplatten oder Dekorfolie aus Kunststoff beschichtet	Tonne	0,394	Rinde und Wasser[28], Bindemittel und Wachs[88], Oberflächenbeschichtung s. u.
4410 11 90	Spanplatten andere (nicht: Verbundplatten mit Hohlraummittellage)	Tonne	0,389	Rinde und Wasser, Bindemittel und Wachs[88], Oberflächenbeschichtung s. u.
4410 12 10	OSB roh oder nur geschliffen	Tonne	0,435	Rinde[36], Wasser[83, 84], Bindemittel[86], Wachs[83, 86]
4410 12 90	OSB (nicht roh/geschliffen)	Tonne	0,435	Rinde[36], Wasser[83, 84], Bindemittel[86], Wachs[83, 86]
4410 19 00	andere organisch gebundene spanförmigen Holzwerkstoffplatten (z. B. Waferboard, Flakeboard, Feinspanplatten)	Tonne	0,442	Rinde[28], Wasser, Wachs und Bindemittelgehalt s. u.
4410 90 00	Werkstoffplatten aus spanförmigen holzigen Stoffen (Bagasse, Bambus) und organischen Bindemitteln	Tonne	0,000	s. u.

Quelle: Diestel und Weimar 2014, S. 20

Es wird deutlich, dass für eine Erfassung des carbon content die notwendigen Datengrundlagen verfügbar sind und ein entsprechender Informationsbedarf unter Nutzung von Materialinventaren gedeckt werden könnte.

3.4.7 Zwischenfazit zu Informationsbedürfnissen relevanter Akteure der Bauwerksebene

In den vergangenen Jahren und Jahrzehnten wurde mehrfach versucht, Instrumente zur Beschreibung von Art und Menge der in Gebäuden verbauten Materialien zu etablieren. Diese stießen nicht immer auf eine entsprechende Nachfrage. Zur Überwindung dieses Problems wird hier ein anderer Ansatz verfolgt. Ausgangspunkt sind die Informationsbedürfnisse ausgewählter Vertreter der am Bau Beteiligten, die bei der Erfüllung ihrer spezifischen Aufgaben auftreten. Nicht immer stehen dabei materialbezogene Fragen im Vordergrund bzw. sind sich die Akteure eines diesbezüglichen Zusammenhangs bewusst.

Durch die Analyse der verschiedenen Arten von Informationen, die Akteure benötigen, ergibt sich ein Gesamtbild. Aus diesem lässt sich ein Anforderungsprofil an ein Instrument zu Erfassung, Dokumentation und Kommunikation materialbezogener Informationen zu Einzelbauwerken ableiten. Je nachdem ob es gelingt, die Informationsbedürfnisse teilweise oder vollständig abzudecken, kann ein Materialinventar zur Informationsquelle für unterschiedlichste Akteure für die Erfüllung ihrer spezifischen Aufgaben werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies die Nachfrage nach einem derartigen Instrument stärkt und die Akzeptanz gegenüber dem Aufwand zu seiner Erstellung verbessert.

Ein wesentlicher Treiber ist die Nachfrage nach Ergebnissen einer Nachhaltigkeitsbewertung, sowohl bei Vertretern der Öffentlichen Hand als auch bei den Marktteilnehmern. Einerseits entsteht eine Nachfrage nach diesbezüglichen Informationen, andererseits entstehen Dokumente, die diese Informationen aufnehmen und für eine künftige Nutzung vorhalten. Dies erfordert auch bei den Anbietern von Bewertungssystemen eine Veränderung der Sichtweise. Nicht mehr nur die Bewertung an sich zu einem Stichtag steht im Vordergrund, sondern das Erzeugen und Übergeben von Dokumenten zur Unterstützung von Entscheidungen im weiteren Lebenszyklus. Dies ist der eigentliche Mehrwert derartiger Systeme.

3.5 Bauwerksspezifische Materialinventare – Grundlagen und Vorschläge

3.5.1 Konzeptionelle Überlegungen

Der Erfolg einer Nutzung und Verbreitung von Materialinventaren hängt einerseits von der sich gerade entwickelnden Nachfrage nach entsprechenden Informationen ab. Andererseits muss erwartet werden, dass auch Zeitaufwand und Kosten entscheidende Faktoren darstellen. Diese werden auch dadurch beeinflusst, ob und wie es gelingt, die Erstellung eines Materialinventars digital zu unterstützen bzw. so in Aufgaben wie die Kostenermittlung und/oder Ökobilanzierung zu integrieren, dass es i.d.R. ohne Mehraufwand entstehen kann.

Die nachstehenden Vorschläge konzentrieren sich daher nicht auf ein einziges Format. Angeboten wird vielmehr eine Lösung in Ausbaustufen, beginnend von einer einfachen tabellenartigen Darstellung bis hin zu komplexen Stoffstrommodellen.

Der Informationsbedarf von Akteuren auf der die Informationen nachfragenden Seite und die Anforderungen an die Akteure auf der die Informationen bereitstellenden Seite ergeben die Anforderungen an den Informationsgehalt eines bauwerksspezifischen Materialinventars für Hochbauten (Wohn- und Nicht-Wohnbauten) sowie Ingenieurbauwerke. Der akteursspezifische Informationsbedarf wurde mit den Abschnitten 3.4.1 und 3.4.3 vorgestellt.

Auf Basis der Analyse des Standes der Diskussion, der Auswertung des Informationsbedarfs spezifischer Akteursgruppen zu Fragen der in Bauwerken verbauten Materialien im Kontext konkreter Anlässe sowie unter Einbeziehung von Anregungen der Mietglieder des Projektbeirats und von Praxispartnern werden nachstehend Vorschläge für bauwerksspezifische Materialinventare vorgestellt. Im Idealfall sollen sie sich für Bauwerke aller Art eignen, darunter Ingenieur- und Infrastrukturbauwerke ebenso wie Hochbauten (u. a. Büro- und Wohnbauten inkl. Fertighäuser).

3.5.2 Materialinventar in der Basisversion als Dokumentationsinstrument

3.5.2.1 Beschreibung

Vorgeschlagen wird eine Basisversion, die sich ohne größeren Aufwand realisieren lässt, traditionelle Ansätze von Materialauszügen und Stücklisten aufgreift und anschlussfähig an eine Ökobilanzierung ist. Eine Bearbeitung über BIM ist möglich, jedoch keine Voraussetzung. Im Bedarfsfall lässt sich die Basisversion händisch erzeugen. Ein unbewertetes Materialinventar in der Basisversion deckt folgende Funktionen ab:

- Beschreibung von Art und Menge verbauter Materialien inkl. einer Zuordnung zu definierten Materialgruppen
- Zuordnung zu Bauwerksteilen im Sinne einer Verortung im Bauwerk auf Basis der Nutzung von Kostengruppen der DIN 276

- Angaben zum durchschnittlichen Austauschzyklus
- Zuordnung zu Arten von Ressourcen, soweit möglich unter Inkaufnahme von Kompromissen bei komplexen Produkten, die aus mehreren Komponenten bestehen (z. B. Fenster mit Holzrahmen, Glasscheibe und Gummidichtung).

Aufbau und Inhalte eines derartigen Materialinventars sind in Tabelle 25 dargestellt. Hier überwiegt das Interesse an einer Darstellung von Art und Menge verbauter Materialien im Hinblick auf ein Ressourcenmanagement.

Wie bereits dargestellt, gibt es neben dem Materialrecycling auch die Möglichkeit der Wiederverwendung kompletter Bauteile. Empfohlen wird daher, neben dem Materialinventar, das u. a. komplexe Bauteile in enthaltene Einzelmaterialen aufschlüsselt, eine Stückliste zu komplexen Bauteilen zu erstellen. Von Interesse sind hier Bauteile, die ein Potenzial für eine Wiederverwendung aufweisen, darunter Fenster, Türen oder auch Stahlstützen.

Tabelle 25 Aufbau und Inhalt eines Materialinventars in der Basisversion

		Bauteile nach DIN 276, Kostengruppe 300												Abfallschlüssel		
			Gründung, Unterbau (320)	Außenwände /Vertikale Baukonstruktionen, außen (330)	Außenwandöffnungen (334)	Innenwände/Vertikale Baukonstr., innen (340)	Innenwandöffnungen (344)	Decken/Horizontale Baukonstruktionen (350)	Dächer (360)						
		Bauteile in Anlehnung an IÖR (vgl. Gruhler et al. 2002)														
Baumaterialsystematik in Anlehnung an IÖR		**Schlüsselnummer Material**	**Gründungen**	**Bodenplatten**	**Abdichtungen und Bekleidungen**	**Außenwand: Kellergeschoss**	**Außenwand: Erd- und Obergeschosse**	**Fenster / Außentüren**	**Innenwände**	**Innentüren**	**Decken**	**Dach**	**SUMME**		**Verschmutzt, vermischt**	**Enthält Asbest**	**Enthält gefährliche Stoffe**
		Austauschzyklus in Jahren															
Mineralisch (nicht-metallisch)	*Beton*																
	1 Beton (ohne Stahlanteil)																
	2 Leichtbeton																
	Ziegel																
	3 Ziegelsteine																
	4 Ziegelsteine mit Dämmung																
	5 Ziegeldeckung																
	sonstiges Mineralisches																
	8 kalkhaltige Putze, Mörtel																
	9 gips-/anhydrit-haltige Putze, Mörtel																
	10 ton-/lehm-haltige Putze, Mörtel																
	11 Putze, Mörtel mit synthetischen Anteilen																

	12 kalkhaltige Estriche																
	13 gips-/anhydrit-haltige Estriche																
	14 Trockenestrich (gips-/ anhydrit-haltig)																
	15 Estriche mit synthetischen Anteilen																
	16 Kalksandsteine																
	17 Porenbeton-steine																
	18 Betonsteine																
	19 Lehmsteine																
	20 Gips-/ Gips-kartonplatten																
	21 mineralische Bauplatten																
	22 mineralische WDS																
	23 Betondach-steindeckung																
	24 Faserzement-deckung																
	25 Schiefer-deckung																
	26 Schüttschicht ("Gründach")																
	27 mineralische Schüttungen																
	28 Glas																
	29 Natursteine																
	gesamt																
Biomasse	*Schnittholz/ verarbeitetes Holz*																
	30 Schnittholz																
	31 verarbeitetes Holz																
	sonstiges Nachwachsendes																
	32 nach-wachsende WDS																
	33 Stroh-/ Schilfdeckung																
	34 sonstige Materialien (nicht mineralisch)																
	gesamt																
fossil	*Kunststoffe (auf Basis fossiler Rohstoffe)*																
	35 erdölbasierte																

	Dämmstoffe																
	36 Kunststoff-dachdeckung																
	37 erdölbasierte Beläge, Dichtungsbahnen und Folien																
	Bitumenhaltiges																
	38 Bitumendach-deckung																
	39 bitumen-haltige Beläge, Dichtungs-bahnen																
	gesamt																
metallisch	*Eisenmetalle*																
	40 Metalldach-deckung																
	41 Eisenmetalle																
	Nichteisen-metalle																
	42 aluminium-haltige Beläge, Dichtungs-bahnen																
	43 Aluminium																
	44 Kupfer																
	45 sonstige Nicht-eisenmetalle																
	gesamt																
	.																
	total																

Empfohlen wird damit eine Doppelstrategie – einerseits die zusätzliche Erfassung von komplexen Bauteilen in bauwerksbezogenen Stücklisten und anderseits das Auflösen von Bauteilen in Einzelmaterialien. Tabelle 26 zeigt ein Beispiel für die Zuordnung von Fensterrahmen zu Materialgruppen.

Tabelle 26 Beispiel für eine Einteilung des Materials von Fensterrahmen in der KG 334

Nr.	Bauteil
33451	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Holz
33452	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Kunststoff
33453	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Stahl
33454	Fensterrahmen (außen), hauptsächlich Aluminium
33455	Fensterrahmen (außen), Verbundstoffe

Deutlich wird, dass damit dieser Detaillierungsgrad bereits bei der Erfassung von Bauteilen in Stücklisten erreicht werden muss. Dieser Detaillierungsgrad wird bei der Kostenermittlung bereits vorgesehen. Für die Erstellung von Materialinventaren auf der Ebene von Einzelbauwerken wird eine stärkere Ausdifferenzierung vorgeschlagen. Während für die Erfassung von Massenbaustoffen eine Gliederung nach Bauteilen der DIN 276 ausreichend ist,

stößt sie bei der Bearbeitung von Zusatzfragen im Rahmen eines Materialinventars an ihre Grenze. Sofern ein Interesse daran besteht, dass

a) Materialien der Herstellername und die Produktbezeichnung zugeordnet werden können,

b) den die Oberflächen bildenden Materialien auswertbare Angaben zu Wirkungen und Risiken für lokale Umwelt und Gesundheit zugeordnet werden können und

c) für einen späteren Rückbau die Trennbarkeit von Schichten beschrieben und das Risiko von Anhaftungen erfasst werden kann,

müssen bei der Beschreibung von Bauwerken oder Bauwerksteilen einzelne Schichten berücksichtigt werden. Damit erfolgt eine Annäherung der Analyse verbauter Materialien an Feinelemente im Sinne der kleinsten Betrachtungseinheit der Elementmethode bzw. Leistungspositionen.

3.5.2.2 Diskussion zum Vorschlag Materialinventar in der Basisversion

Im Zusammenhang mit einem Materialinventar in der Basisversion treten eine Reihe von Fragen auf, die weiter untersucht und geklärt werden müssen. Dabei handelt es sich um

a) Systematik der Materialbezeichner

Die in Tabelle 25 gewählte Systematik von Materialbezeichnern orientiert sich überwiegend an den Anforderungen einer durchgehenden Gliederungssystematik für regionale Materialkataster. Ermöglicht werden soll eine Aggregation bzw. Dis-aggregation der Angaben zu verwendeten Materialarten und -mengen. Darüber hinaus ist es jedoch sinnvoll, eine Anschlussfähigkeit an Ökobilanzdatenbanken zu Bauprodukten anzustreben. Dies trifft insbesondere für die Datenbank ÖKOBAUDAT des Bundes zu. Bisher existieren diverse Ansätze zur Bezeichnung von Materialien und ihre Einteilung in Gruppen. Sie sind historisch gewachsen, dienen spezifischen Aufgaben und decken unterschiedliche Informationsbedürfnisse (s. hierzu auch Ausführungen in Kapitel 3.4.5). Es wird empfohlen, eine national einheitliche Systematik für Materialbezeichner zu entwickeln und allgemein einzuführen.

b) Systematik der Abfallschlüssel

Es besteht das Ziel, den Informationen zu verwendeten Materialien (Materialbezeichner, Menge, Einbauort) weitere Informationen zu den Entsorgungswegen hinzuzufügen. Auf Basis des Abfallverzeichnisses nach Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) mit Abfallschlüsselnummern kann dies grundsätzlich erfolgen. Dies erfordert auf Fachwissen basierende Festlegungen, die die Qualität abgehender Baustoffe mitberücksichtigen (siehe hierzu Ausführungen in Abschnitt 4.4.3.3). Die vorgegebenen Schlüsselnummern sind jedoch weder ausreichend, um jenseits von expertengestützten Pauschalannahmen eindeutige Zuordnungen von Baumaterialien vorzunehmen, noch um hieraus differenzierte Rückschlüsse auf spezifische Entsorgungswege zu ziehen. Aus diesem Grunde ist auch für das Materialinventar anzustreben, eine erweiterte Abfallschlüsselsystematik zugrunde zu legen, wie sie in Kapitel 4.4.3.3 dieses Berichtes vorgeschlagen wird. Anzumerken bleibt, dass es sich bei der Abfallverzeichnis-Verordnung um ein europäisches Regelwerk handelt. Nationale Ergänzung und Untersetzungen können deshalb nur Zwischenlösungen darstellen.

Es bleibt das Problem, dass ein Materialinventar in der Basisversion zwar Bezüge zu Abfallschlüsseln herstellen kann, immer jedoch pauschale Annahmen zu potenziellen Qualitäten abgehender Materialen treffen muss Die Art von Verbindungen und deren Einfluss auf Rückbau- und Recyclingmöglichkeiten wird hier nicht berücksichtigt. Dies kann erst in einer weiteren Differenzierungsstufe des Materialinventars auf Element-Ebene erfolgen (vgl. Abschnitt 3.5.3).

3.5.2.3 Rolle eines Materialinventars in der Basisversion

Das Materialinventar kann in der Basisversion unterschiedliche Rollen übernehmen. Zunächst geht es um die reine Dokumentation der im Gebäude verbauten Materialien im Sinne der Beschreibung eines bauwerksspezifischen Stofflagers. Zusatzangaben zum Einbauort lassen Rückschlüsse auf Beanspruchung sowie das Risiko einer Vermischung oder Verschmutzung zu. Hinweise auf den Austauschzyklus erlauben ein Abschätzen des Zeitpunkts, zu dem die Materialien ausgebaut werden und einer Verwertung zur Verfügung stehen. Bereits diese Informationen unterstützen ein künftiges „Urban Mining".

Das Materialinventar ist Grundlage und zugleich auch Nebenprodukt einer Ökobilanzierung und in diesem Kontext i.d.R. nicht mit einem Mehraufwand für seine Erstellung verbunden.

Als reine Dokumentation entfaltet das Materialinventar keinerlei Lenkungswirkung in Bezug auf die Auswahl verwendeter Bauprodukte. Es kann jedoch z. B. als Nachweis im Rahmen von Förderprogrammen genutzt werden, die Bezüge zu Baumaterialverwendung haben, beispielsweise Programme, welche auf die Erhöhung des Anteils von Biomasse im Bauwerk und/oder in den verwendeten Bauprodukten abzielen.

Ein Materialinventar lässt nicht ohne weiteres eine Beurteilung der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit bzw. umweltbezogener Risiken zu, die von den verbauten Materialien ausgehen. Ohne die Zuordnung konkreter Material- und Herstellerangaben wird auch ein nachträgliches Identifizieren von potenziellen Schadstoffen, die möglicherweise erst nachträglich als solche identifiziert werden – eine weitere wünschenswerte Zusatzfunktion –, nicht unterstützt.

In diesem Kontext versteht sich das Materialinventar als ein Element eines umfassenderen Ansatzes zur Dokumentation bauwerksbezogener Merkmale, wie sie z. B. für die Risikoanalyse, die Wertermittlung oder eine Nachhaltigkeitsbewertung benötigt werden. So schlagen z. B. Nachhaltigkeitsbewertungssysteme wie NaWoh (2019) die Sammlung und Aufbewahrung konkreter Produkt- und Sicherheitsdatenblätter vor. Die Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit sowie der Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit ist Gegenstand ausgewählter Kriterien in Nachhaltigkeitsbewertungssystemen. Ein Materialinventar kann auch eine solide Grundlage bieten, den Bedarf an Ressourcen im Allgemeinen und die Inanspruchnahme an Primärrohstoffen im Speziellen darzustellen.

Ein „unbewertetes" Materialinventar liefert eine Zusammenstellung von Informationen im Sinne einer Übersicht. In der Aufbereitung für Typvertreter typischer Bauweisen und Baualtersklassen kann es zusätzlich Ausgangsinformationen für regionale Materialkataster liefern.

Ein Materialinventar in der Basisversion sollte im Idealfall Bestandteil einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation (Hausakte, Gebäudepass o.ä.) sein, die bei gegebenem Anlass aktualisiert bzw. neu erstellt werden. Es kann u. a. die in Tabelle 27 angegebenen Informationen zur Verfügung stellen.

Tabelle 27 Informationsgehalt des Materialinventars in der Basisversion

Informationsart	Informationsart kann im Materialinventardokumentiert werden
Materialart	✓
Materialmenge	✓
Technische Lebensdauer	✓
Einbauort	✓
Schadstoffgehalt	✓
Verunreinigungsgrad	✓

Grundsätzlich ist die Basisversion geeignet, eine Abschätzung in Anspruch genommener Rohstoffe sowie die Ermittlung des vergegenständlichten Energieaufwandes und der vergegenständlichten Treibhausgasemissionen und weiterer Wirkungen (embodied impacts) zu unterstützen. Sie kann weiterhin als Zusammenfassung und kompaktes Kommunikationsformat für die übrigen Ausprägungsarten eines bauwerksspezifischen Materialinventars fungieren.

3.5.3 Materialinventar in der Element-Version als Dokumentationsinstrument

3.5.3.1 Beschreibung

Bauwerke lassen sich in Bauwerksteile unterteilen. Diese entsprechen häufig einer Kostengruppe der DIN 275 in der zweiten oder dritten Gliederungsebene und können auch als Elemente bezeichnet werden. Elemente können bei Bauwerksteilen, die einen Schichtenaufbau aufweisen, bis hin zu Feinelementen aufgeschlüsselt werden. Dies erfordert eine Ergänzung der Systematik der DIN 276 um weitere Gliederungsebenen. Feinelemente entsprechen einzelnen Schichten und werden durch ein Material repräsentiert. Dessen Einbau entspricht i.d.R. einer Leistungsposition.

Ein Materialinventar in der Element-Version enthält zusätzlich zur Zusammenstellung gemäß der Basisvariante einen Anhang mit einer Darstellung relevanter Elemente. Über die Elemente kann sofort auf Einbauort, Lage der Schichten und Art der Beanspruchung geschlossen werden.

Über die mit der Basisvariante vermittelten Informationen hinaus kann eine Darstellung von Elementen folgende Angaben aufnehmen:

- Schichtenaufbau und Schichtenfolge
- Lage von Schichten (welche Schichten grenzen an Außen-/Raumluft; Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser)
- Art der Verbindung und Trennbarkeit von Schichten (auf Verbindungen und Trennbarkeit wird in Kapitel 2.2.3 ausführlich eingegangen)
- Zuordnung von Angaben zu Produktbezeichnung und Herstellername
- Zuordnung von Abfallschlüsseln (auf Basis einer Abschätzung der Trennbarkeit von Schichten bzw. ihrer Zuordnung zu einer Stoffgruppe)
- Zuordnung von Informationen zum Ausgasungs- und Auswaschungsverhalten bzw. zu Wirkungen und Risiken für Gesundheit und die lokale Umwelt

Bei einer entsprechenden Weiterentwicklung des Ansatzes werden folgende zusätzliche Angaben und Funktionen möglich

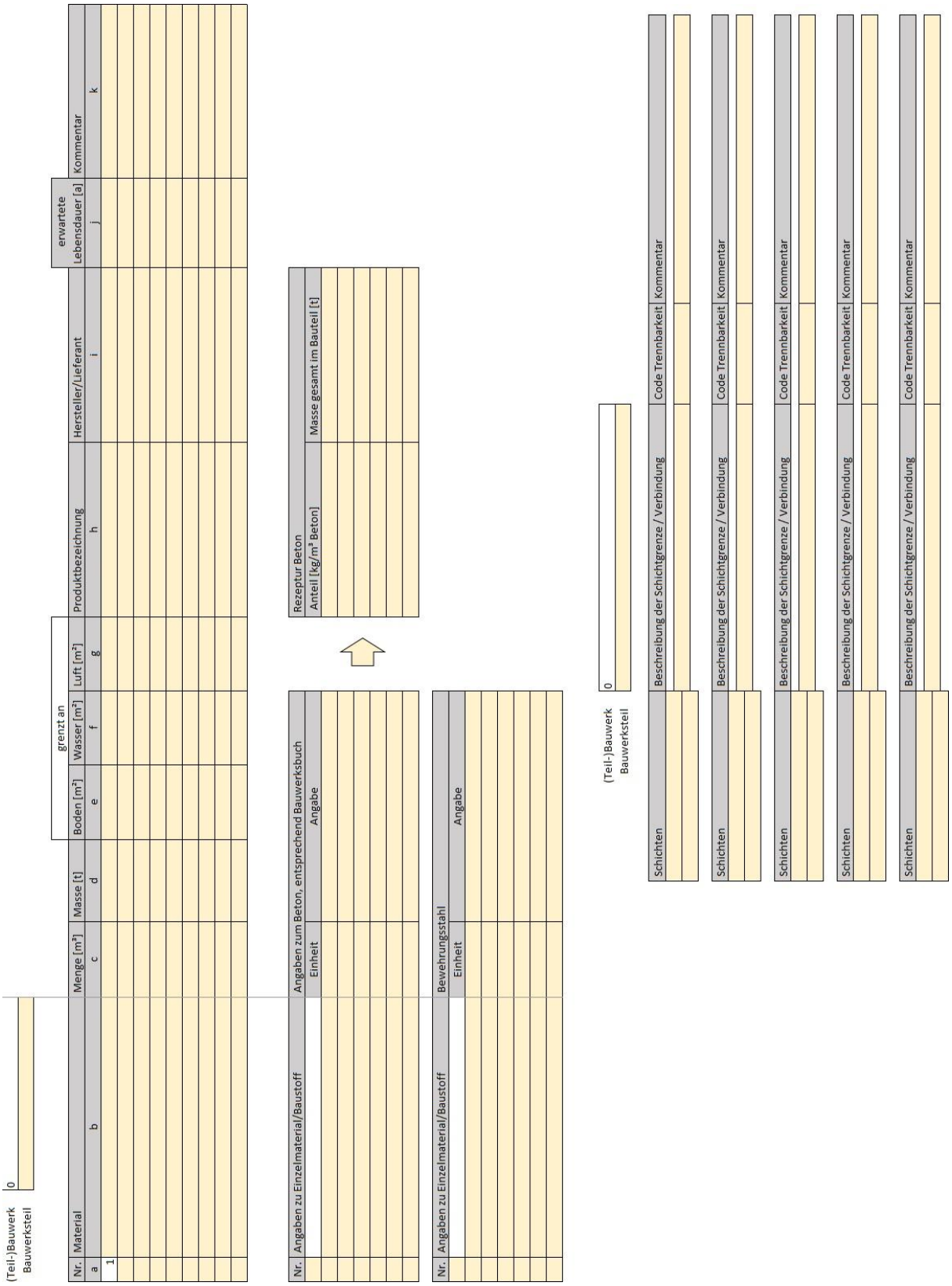
- Rückverfolgung des Materialeinsatzes bis zur Ressourceninanspruchnahme (Darstellung in Anspruch genommener Primärrohstoffe)
- Ergänzung von Angaben aus der Ökobilanz, z. B. „Graue Energie“ und „Graue Emissionen“, siehe auch Abschnitt 4.4.3.4.
- Angaben zu Wartungs- und Instandsetzungszyklen einzelner Schichten, Komponenten oder kompletter Bauteile

- Recyclingpotenzial, ggf. spezifisch für Szenarien[13]

Aufbau und Inhalte der Element-Version sind in Abbildung 33 dargestellt. Komplexe Bauteile im Sinne von Elementen wie Fenster können nicht hinsichtlich eines Schichtenaufbaus beschrieben werden. Anzugeben sind hier die enthaltenen Komponenten. Dieser Ansatz lässt sich auf die Elemente der Haustechnik übertragen.

[13] vgl. hierzu insbesondere den Leitfaden für Bauproduktindustrie und Normungsgremien zur Ausgestaltung der Module C und D in EPD und PCR des UBA und die darin vorgenommene Szenarienfestlegung (Trinius et a. 2020) und die Rückbauszenarien der ISO 20887 (2020)

Abbildung 33 Materialinventar in der Element-Version



Quelle: eigene Darstellung

In Abbildung 33 sind nur Beispiele der erarbeiteten Formulare aufgeführt. Sie enthalten die Angaben zum Schichtenaufbau mit Informationen zu Material, Masse und Volumen, zur Lage (im

Sinne des Kontakts mit Luft, Wasser und Boden zur Abschätzung möglicher Wirkungen auf die lokale Umwelt bei Vorliegen geeigneter Daten). Sie bieten weiterhin die Möglichkeit zum Eintrag von Hersteller- und Produktnamen sowie der erwarteten Lebens- bzw. Nutzungsdauer der konkreten Schicht. Aus den zuletzt genannten Angaben lässt sich auf Instandsetzungs- und Austauschzyklen und damit auf Bedarf an Produkten und Anfall von ausgebauten Material schließen sowie feststellen und bewerten, ob Materialien mit unterschiedlicher Lebensdauer verbunden wurden. Die Art der Verbindung und die Möglichkeiten einer Trennung (dargestellt als Code) gehen aus einem gesonderten Teil der entwickelten Formulare hervor. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, über Zusatztabellen Angaben zu Rezeptur und/oder Inhaltsstoffen zu ergänzen – je nach Anwendungsfall und Informationsbedarf. Aus der Rezeptur kann auf die Rohstoffinanspruchnahme, aus Inhaltsstoffen auf Recyclingeigenschaften geschlossen werden.

Es ist möglich und vorgesehen, über die hier erläuterten und in Abbildung 33 dargestellten Arten von Informationen hinaus folgende Angaben in gesonderten Formularen den einzelnen Schichten zuzuordnen: (1) Rückverfolgung zu primären bzw. sekundären Rohstoffen; (2) Angaben zu Energieaufwand und Umweltwirkungen infolge Herstellung; (3) Potenziale für unerwünschte Wirkungen auf Gesundheit und lokale Umwelt – z. B. durch Ausgasungen, Auswaschungen; (4) Abfallschlüssel und mögliche Verwertungs-/Entsorgungspfade: (5) Recycling- und Verwertungspotenziale und -wahrscheinlichkeiten, ggf. im Zusammenhang mit Hinweisen auf Rücknahmegarantien.

3.5.3.2 Diskussion zum Vorschlag Materialinventar in der Element-Version

Ein Materialinventar in der Element-Version stellt die derzeitige Vorzugslösung dar. Sie kann zu einem Verzeichnis in der Basisvariante verdichtet werden. Elemente sind anschlussfähig an die Element-Methode der Kostenermittlung. Bereits durch die Zuordnung des Elements zu einer Kostengruppe kann eine Verortung im Bauwerk erfolgen. Die bisherigen drei Gliederungsstufen der DIN 276 reichen jedoch nicht aus, um kleinteilige Betrachtungen anzustellen. Die Bezeichnung von Schichten im Sinne von Feinelementen erfordert eine vierte und ggf. auch fünfte Gliederungsebene (vgl. DIN 2018). In diese Richtung gehen auch aktuelle Überlegungen bei BKI.

3.5.3.3 Rolle eines bauwerksspezifischen Materialinventars in der Element-Version

Die Rolle eines Materialinventars in der Element-Version geht über die der Basisvariante hinaus. Der Ansatz entwickelt sich von einem Instrument zur Dokumentation von Art und Menge verbauter Materialien am Ende einer Planung/Realisierung (Basisvariante) zu einem Hilfsmittel während der Planung. Es bestehen Synergieeffekte zur Beschreibung von Bauteilen der wärmetauschenden Hülle für eine Ermittlung von U-Werten, den Feuchteschutznachweis usw. sowie für eine Bewertung von Auswirkungen auf die Gesundheit und die lokale Umwelt einerseits (z. B. im Kontext des Kriterium 1.1.6 von BNB) und die Bewertung von Rückbau, Trennung und Verwertung (z. B. im Kontext des Kriteriums 4.1.4 von BNB) andererseits. Diese Zusammenstellung selbst enthält jedoch unbewertete Informationen. Es handelt sich um eine Darstellungsform von Informationen zu Materialien, die in Bauwerken enthalten sind, jedoch aufgeschlüsselt auf Elemente im Sinne von Bauwerksteilen mit eigenem Lebenszyklus.

Für Bauweisen unter Nutzung vorgefertigter Elemente wird es möglich, nicht nur die Bauwerke selbst, sondern auch deren Beschreibung und Bewertung aus Elementen zusammenzusetzen. Das Element wird selbst zum Betrachtungs- und Bewertungsgegenstand.

Ein bauwerksspezifisches Materialinventar in der Element-Version sollte zum Bestandteil einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation (Hausakte, Gebäudepass o. ä.) werden. Eine Aktualisierung kann u. a. durch Austausch entsprechender Element-Blätter und die Anpassung der Gesamtübersicht (Basisvariante) erfolgen.

3.5.3.4 EXKURS zu Bewertungsmöglichkeiten

In Nachhaltigkeitsbewertungssystemen kann das Vorhandensein eines konformen Materialinventars geprüft und bewertet werden. Dies ist Teil der Prozessqualität. Das Materialinventar bildet gleichzeitig – insbesondere in der Element-Version – die Grundlage für eine Ökobilanzierung (z. B. Kriterien 1.1.1 – 1.1.5 des BNB), die Bewertung für Risiken für Umwelt und Gesundheit (z. B. Kriterium 1.1.6 des BNB) sowie die Bewertung von Rückbau, Trennung und Verwertung (z. B. Kriterium 4.1.4 des BNB). Selbst in diesen Fällen bleibt das Materialinventar unbewertet und übt keine Lenkungswirkung aus.

Für die Aufwertung von Materialinventaren zu Bewertungsinstrumenten bieten sich Möglichkeiten im Kontext des Ressourcenmanagements. Hier haben sich – bis auf die Ausnahme des Aufwands an Primärenergie(trägern) noch keine allgemein anerkannten Ansätze herausgebildet. Der Indikator *ADP elements* konnte sich im Baubereich nicht durchsetzen. Auf der Suche nach Alternativen werden Ansätze zur Unterstützung des Ressourcenmanagements diskutiert. Darstellbar ist – wie bereits in der Basisversion möglich – die Bewertung des Anteils erneuerbarer Rohstoffe/Materialien in Masseprozent – siehe hierzu auch frühere Überlegungen zur Darstellungsform des Ressourcen-R (ARGE kdr 2008) (s. hierzu auch Abschnitt 3.2.10). Angegeben werden kann auch, wieviel Prozent der eingebauten Materialien einem Recycling zugeführt werden könnten bzw. für welche Rücknahmegarantien der Hersteller vorliegen. Derartige Aussagen bilden den Übergang von der Beschreibung zur Bewertung der stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken, siehe hierzu auch die Ausführungen zur Taxonomy im Abschnitt 3.3.4.

3.5.4 Materialinventar in einer dynamischen Version (VoDyMI)

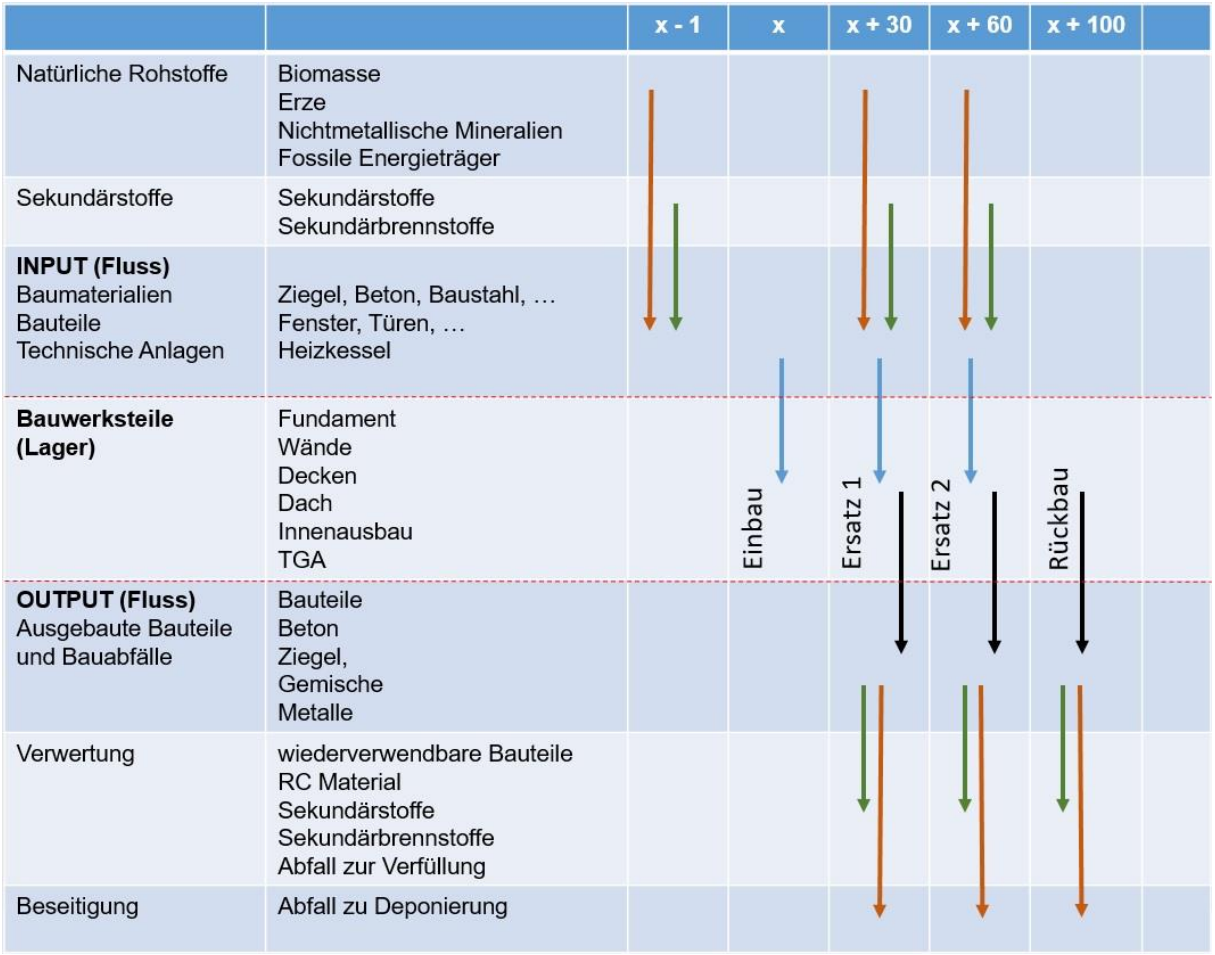
3.5.4.1 Beschreibung

Bei einem „Vollständiges dynamisches Materialinventar“ werden sämtliche Stoffströme im Lebenszyklus der Immobilie zeitlich eingeordnet. Es kann dargestellt werden,

- wann ein Bedarf an Material und primären Ressourcen im Zusammenhang mit der Errichtung des Gebäudes und dem Ersatz (Einbau) von Bauwerksteilen entsteht,
- wo die Materialien verbaut sind (Zuordnung zu Bauwerksteilern/Elementen),
- wann welche Materialen im Zusammenhang mit dem Ersatz (Ausbau) ausgebaut werden,
- wann welche potenziellen Sekundärbaustoffe oder wieder- bzw. weiterverwendbare Bauteile zur Verfügung stehen.

Konzeptionelle Überlegungen für ein „Vollständiges dynamisches Materialinventar“ sind in Abbildung 34 dargestellt.

Abbildung 34 Konzeptionelle Überlegungen für ein Vollständiges Dynamisches Materialinventar



Quelle: eigene Darstellung[14]

Deutlich wird der Ansatz (1) einer Rückverfolgung des Einsatzes an Material im Lebenszyklus von Gebäuden bis zu Ressourceninanspruchnahme, (2) einer Darstellung des Inputs von Materialien nach Art und Menge, (3) einer Verortung im Bauwerk, (4) einer Einordnung in den zeitlichen Verlauf und (5) einer Darstellung von Abfallströmen und Verwertungspfaden.

Während eine Umsetzung der Teile (2) bis (5) unter Nutzung der Element-Version in Kombination mit der Basisvariante möglich ist, fehlen für (1) derzeit die Grundlagen. Weder die internationale und europäische Normung noch nationale Ansätze zur Ausgestaltung von Umweltproduktdeklarationen sehen derzeit eine Rückverfolgung bis zu Ressourceninanspruchnahme vor.

3.5.4.2 Diskussion zum Vorschlag eines dynamischen Materialinventars

In der Basisversion des Materialinventars bereitet der Umgang mit dem Faktor Zeit Schwierigkeiten. I.d.R. wird der Zustand nach Fertigstellung des Gebäudes erfasst und beschrieben. Aus- und Einbau von Material im Zusammenhang mit Ersatzinvestitionen/dem Austausch von Bauwerksteilen mit einer Nutzungsdauer, die kürzer ist als die des Bauwerks, lassen sich so kaum abbilden. Bei einem Materialinventar in der Elemente-Version kann das Problem dadurch gelöst werden, dass jedem Element eine spezifische Nutzungsdauer zugewiesen werden kann. Über diese Einzelbetrachtung hinaus fehlt jedoch die Möglichkeit

[14] Die Darstellung ist angelehnt an das Konzept des Vollständigen Finanzplans, oder auch Visualization of Financial Implications (VoFI), einem Verfahren der Investitionsrechnung, bei dem die Zahlungsströme periodenweise dargestellt werden.

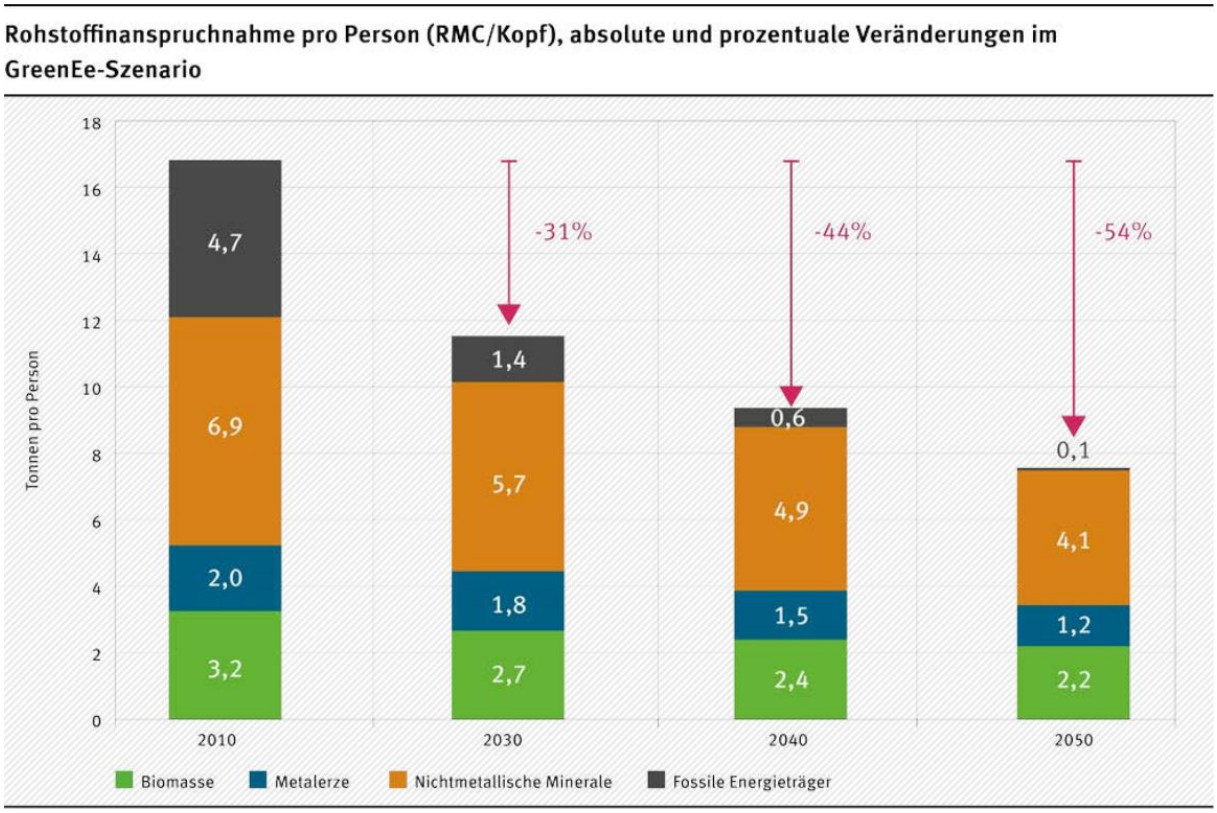
eines ein Ressourcenmanagement unterstützenden Gesamtblicks. Hier setzt das dynamische Materialinventar an. Es liefert bereits zum Zeitpunkt der Planung eine Übersicht zu ausgewählten Zeitpunkten im Lebenszyklus eines einzelnen Bauwerks, zu denen ein weiterer Bedarf an Materialien auftritt und ausgebaute Bauteile und Materialien anfallen. Aus Sicht der Bearbeiter des Projektteils Materialinventar ist die Erstellung dynamischer Materialinventare das anzustrebende Ziel eines aktuellen Entwicklungsprozesses.

3.5.4.3 Rolle eines dynamischen Materialinventars

Ein Ziel dieses Projektes ist u. a. die Unterstützung der Kreislaufführung von Baumaterialien und eines Ressourcenmanagements. Das Erreichen dieses Ziels wird durch Angaben zu verbauten Materialien und zu Art, Umfang und Qualität des Anfalls ausgebauter Bauteile und Materialien bei Ersatz- und Rückbaumaßnahmen unterstützt. Um eine Anschlussfähigkeit an regionale und nationale Betrachtungen zu ermöglichen ist es wünschenswert, die Stoffströme und Materialflüsse in einen zeitlichen Rahmen einzuordnen. Ein dynamisches Materialinventar kann diese Rolle übernehmen und damit eine wichtige Lücke in der Lebenszyklusanalyse von Einzelbauwerken schließen.

Der Bedarf an einer Einordnung in zeitliche Abläufe sowie an einer im dynamischen Materialinventar ebenso vorgesehenen Rückverfolgbarkeit bis hin zu in Anspruch genommenen Kategorien primärer Rohstoffe wird mit Abbildung 35 deutlich.

Abbildung 35 Kategorien der Rohstoffinanspruchnahme in Szenarien des UBA



Quelle: Günther et al. 2019

Es stellt sich damit die Frage, ob und inwieweit sich nationale Ziele zur Schonung von Primärrohstoffen auf die Planung von Einzelbauwerken herunterbrechen und mit einem dynamischen Materialinventar überprüfen lassen. Ähnliche Überlegungen bilden derzeit die Grundlage für die Ableitung von Anforderungen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen im

Lebenszyklus von Gebäuden, die aus den planetaren Grenzen sowie nationalen Zielen bzw. Budgets abgeleitet werden.

3.5.5 Vergleich von Inhalten und Aussagekraft der Varianten für Materialinventare

Die in den Abschnitten 3.5.2 – 3.5.4 vorgestellten Varianten für bauwerksspezifische Materialinventare unterscheiden sich hinsichtlich des Umfangs enthaltener Informationen und damit auch der erzielbaren Aussagekraft. Tabelle 28 stellt eine Übersicht vor.

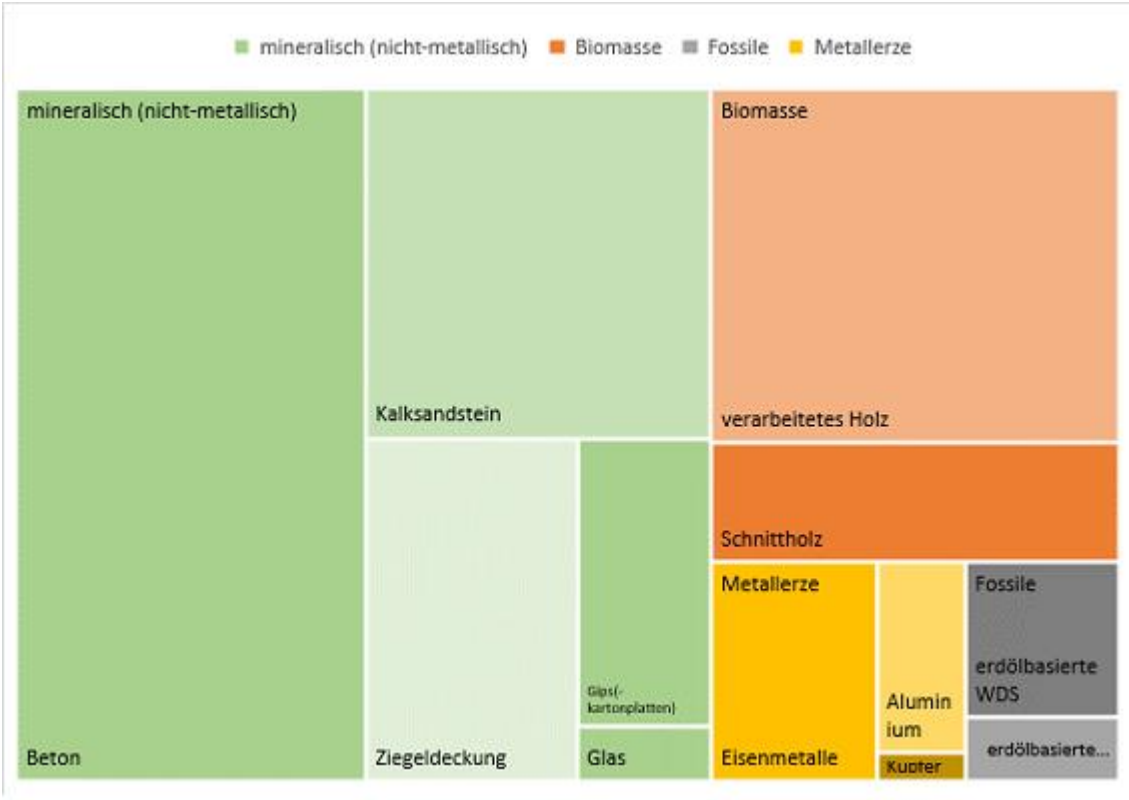
Tabelle 28 Vergleich der Informationsgehalte von Inventararten und Darstellungsformen

Nr.	Information	Basisversion	Element-Version	VoDyMI
01)	Art der Bauweise	Im Begleittext	Im Begleittext	Im Begleittext
02)	Materialarten	✓	✓	✓
03)	Materialqualitäten im Detail		✓	
04)	Masse- und/oder volumenbezogene Materialmengen	✓	✓	✓
05)	Technische Lebensdauer	(✓)	✓	✓
06)	Art der Verbindung (mit anderen Materialien/ Schichten)		✓	
07)	Einbauort		✓	✓
08)	Einbaulage		✓	
09)	Rezeptur		✓	
10)	Stoffgehalt zum Zeitpunkt des Ausbaus		✓	
11)	Schadstoffgehalt		✓	(✓)
12)	Verunreinigungsgrad		✓	(✓)
13)	Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit		✓	
14)	Recyclingwahrscheinlichkeit		✓	(✓)
15)	Aufteilung in vier Ressourcenkategorien		(✓)	✓
16)	Dynamische Entwicklung im Zeitverlauf			✓
17)	Schichtenaufbau und -folge		✓	
18)	Produkt- und Herstellername		✓	
19)	Abfallschlüsselnr.	✓	✓	✓
20)	Ausgasungs- und Auswaschungsverhalten		✓	
21)	Risiken für Gesundheit & lokale Umwelt		✓	
22)	Rückverfolgung zur Ressourceninanspruchnahme	(✓)	(✓)	✓

Quelle: eigene Darstellung

Die Aussagekraft von Materialinventaren lässt sich durch geeignete Darstellungsformen noch steigern. Neben den bereits erwähnten Ressourcen-R (siehe Abschnitt 3.2.10) wurde durch die Bearbeiter des Projektteils Materialinventare die in Abschnitt 3.2.5 vorgestellte treemap weiterentwickelt – siehe hierzu Abbildung 13.

Abbildung 36 Beispiel für eine Darstellung des Materialinventars als treemap



Quelle: eigene Darstellung

Sie eignet sich prinzipiell für eine Darstellung verbauter Materialarten oder in Anspruch genommener Rohstoffkategorien bzw. – wie hier dargestellt – für eine Kombination.

3.5.6 Zusammenfassung zum Stand der Entwicklung von Vorschlägen

Als ein Teilergebnis des Projekts werden drei Arten von bauwerksspezifischen Materialinventaren angeboten. Sie bieten eine Palette an Lösungsmöglichkeiten von der einfachen Basisvariante bis zur Unterstützung dynamischer Betrachtungen. Empfohlen wird zunächst die Erstellung von Materialinventaren in der Element-Version. Ein Materialinventar in der Basisvariante kann hier zusätzlich als Zusammenfassung und komprimierte Darstellung dienen.

Die Vorschläge für unterschiedliche Ausprägungsarten von Materialinventaren stellen eine Reaktion auf die Informationsbedürfnisse spezifischer Akteure dar. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei diesen die Nachfrage nach Informationen zu in Gebäuden verbauten Materialien und damit nach Materialinventaren wächst. Konzentrierte sich das Forschungsprojekt ursprünglich auf Ansätze zur Weiterentwicklung und Nutzung von Materialinventaren im Interesse einer Unterstützung des Urban Mining, wird nun deutlich, dass ein zusätzliches Interesse an Aspekten des Ressourcenmanagements durch Erfassung der in Anspruch genommenen Primärrohstoffe besteht. Materialinventare sind daher auch ein Instrument zur Rückverfolgung verbauter Materialien bis zu den in Anspruch genommenen Rohstoffen.

Bei den Vorschlägen zu unterschiedlichen Ausprägungen von bauwerksspezifischen Materialinventaren handelt es sich um einen Diskussionsbeitrag. Eine weitere Abstimmung mit interessierten und involvierten Kreisen ist notwendig und wünschenswert, im Anschluss werden die Ergebnisse der Praxiserprobung vorgestellt. Empfohlen wird das Auslösen

vorzugsweise europäischer Normungsaktivitäten zu Inhalt und Aufbau bauwerksspezifischer Materialinventare – siehe hierzu den Abschnitt 3.2.11 zur vorliegenden DIN EN 62474 aus dem Bereich Elektrotechnik/elektrotechnische Industrie.

3.6 Erprobung von Vorschlägen für Materialinventare mit Praxispartnern

3.6.1 Vorstellung der Praxispartner

Im Rahmen des bearbeiteten Projektes erfolgte eine Zusammenarbeit mit ausgewählten Praxispartner (im engeren Sinne). Auf Initiative der Bearbeiter des Projektteils zu Material-Inventaren wurde der Kontakt zu weiteren Praxispartnern (im weiteren Sinne) gesucht.

Mit den Praxispartnern im engeren Sinne wurden projektbegleitend (1) der Stand der Beschreibung der in Bauwerken verbauten Materialien diskutiert, (2) die Notwendigkeit von bzw. die Nachfrage nach Material-Inventaren erörtert, (3) Überlegungen zur Ausgestaltung von Material-Inventaren ausgetauscht und (4) Vorschläge für Material-Inventare unterschiedlicher Ausprägungsart besprochen. Abschließend wurde eine Meinung zu den entwickelten Vorschlägen eingeholt und eine Befragung zu Umsetzungsaufwand und Umsetzungswahrscheinlichkeit entsprechender Ansätze durchgeführt.

Als Praxispartner im engeren Sinne fungierten

- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Referat II 6 Bauen und Umwelt in Zusammenarbeit mit Referat II 5 Nachhaltiges Bauen
- Fertighausunternehmen WeberHaus, teilweise unterstützt durch den Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. (BDF) und die Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau (QDF)
- Regierungspräsidium Karlsruhe, Referat Ingenieurbau

Durch die Zusammenarbeit mit den genannten Praxispartnern konnten folgende Teilbereiche abgedeckt werden – siehe Tabelle 29.

Tabelle 29 Übersicht zu durch Praxispartner abgedeckte Themenbereiche

	BBSR	WeberHaus	Regierungspräsidium KA
Baubereich	Hochbau	Hochbau	Ingenieurbau
Gebäudeart	Bürogebäude	Wohnbauten	Brücken
Institution	Öffentliche Hand	Privatunternehmen	Öffentliche Hand
Instrument	BNB	Hausakte	Brückenbuch

Quelle: eigene Darstellung

3.6.2 Zusammenarbeit mit Praxispartner BBSR

3.6.2.1 Kurzvorstellung des BBSR

Als ein Praxispartner im Bereich Hochbau agierte das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Es handelt sich um eine Ressortforschungseinrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI), die das Ministerium in den Politikfeldern der Stadt- und Raumentwicklung, des Wohnungs- und Immobilienwesens sowie des Bauwesens unterstützt.

Wahrgenommen wird hier die Perspektive der öffentlichen Hand mit einem Schwerpunkt im Bereich von Nicht-Wohnbauten im weiteren Kontext der Beschaffung von Planungs- und

Bauleistungen unter Beachtung der Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung. Ein Austausch erfolgte mit den Referaten Nachhaltiges Bauen sowie Bauen und Umwelt.

Teile der Aufgaben, die in den genannten Referaten bearbeitet werden, haben einen unmittelbaren Bezug zum Projektteil Materialinventar. Hierbei handelt es sich um

- die inhaltliche und organisatorische Betreuung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen des Bundes für Bundesgebäude (BNB),
- die Pflege, Erweiterung und Qualitätssicherung der Datenbank mit Ökobilanzdaten zu Bauprodukten ÖKOBAUDAT,
- die Betreuung und Weiterentwicklung des Berechnungs- und Bewertungshilfsmittels eLCA zur Erstellung von Ökobilanzen für Bauwerksteile und Bauwerke,
- die Betreuung von Themen im Bereich Ressourceneffizienz mit einer Anschlussfähigkeit an ProgRess II und III. (vgl. BMUB 2016, 2020).

In der Einrichtung liegen Erfahrungen mit Anforderungen an Gebäudepässe und Hausakten vor. Derzeit wird an eigenen Überlegungen zur Weiterentwicklung von Grundlagen und Hilfsmitteln für eine Erfassung und Bewertung der Ressourceninanspruchnahme sowie der Rückbaubarkeit, Trennbarkeit und Verwertbarkeit von Bauwerksteilen/Elementen bzw. Materialien gearbeitet. Hierzu laufen eigene Forschungsprojekte, vgl. bspw. IBO (o.J.).

3.6.2.2 Analyse und Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Bewertungssystems BNB

Im Rahmen des Projekts wurde das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) hinsichtlich des durch dieses System erzeugten Informationsbedarfs im Kontext von Daten zu verbauten Materialien analysiert. Mehrere Bewertungskriterien und Indikatoren weisen unmittelbare Bezüge zu den im Projektteil Materialinventar behandelten Themen auf. Diese wurden bereits im Abschnitt 3.4.4 im Detail vorgestellt und werden hier nochmals zusammenfassend benannt:

- Die BNB-Kriterien 1.1.1 bis 1.1.5 sowie 1.2.1 bis 1.2.2 umfassen die Ökobilanz zu ausgewählten Wirkungskategorien. Für deren Ermittlung werden Angaben zu Art, Qualität und Menge verbauter Materialien benötigt. Ein Materialinventar ist damit sowohl Datengrundlage als auch Nebenprodukt einer Ökobilanz.
- Im BNB-Kriterium 1.6 werden die Risiken für die lokale Umwelt bewertet. Eine Voraussetzung ist die Kenntnis verbauter Materialien. Da konkrete Risiken sicher weniger aus allgemeinen Angaben zu verbauten Materialien, sondern mehr aus konkreten Produktbezeichnungen ableiten lassen, besteht hier ein Interesse an der Dokumentation konkreter Produktnamen und Herstellerangaben.
- Im BNB-Kriterium 1.1.7 besteht die Nachfrage nach Angaben zu Art und Umfang von verbautem Holz bzw. von Holzprodukten einschließlich eines Herkunftsnachweises.
- Im BNB-Kriterium 4.1.4 besteht im Zusammenhang mit der Beschreibung und Bewertung der Möglichkeiten von Rückbau, Trennung und Verwertung ein Bedarf an Angaben zu Art, Umfang, Einbausituation und Verbindungsart sowie an Rückbau- und Recyclingmöglichkeiten. Gearbeitet wird hier an der Weiterentwicklung von Möglichkeiten zur Systematisierung

und Charakterisierung von Verbindungsarten und Trennmöglichkeiten bei Materialschichten (siehe Abschnitt 2.2.3) sowie der weiteren Ausdifferenzierung von Abfallschlüsseln (siehe Abschnitt 4.4.3.3).

- In den BNB-Kriterien zur Prozessqualität werden u. a. Dokumente wie ein Plan für Wartung, Instandhaltung und Ersatz von Bauwerksteilen, ein Rückbaukonzept usw. gefordert.

Im Bereich der Weiterentwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen sowie seiner Grundlagen und Hilfsmittel besteht die grundsätzliche Bereitschaft,

- die Erstellung eines Materialinventars als Teil der Prozessqualität zu fordern,
- das Vorhandensein eines Materialinventars zu einem bewertenden Kriterium auszubauen. Diskutiert wird z. B. eine Anforderung wie „mehr als 80 % verbauter Materialmassen müssen bei Rückbau des Gebäudes einem Urban Mining zur Verfügung stehen“. Überlegungen des BMI und der KfW in Bezug auf neue Förderprogramme zur Unterstützung des nachhaltigen Bauens sowie der Europäischen Kommission in Bezug zur Taxonomy (vgl. Abschnitt 3.3.4 sowie EU 2020) gehen in eine ähnliche Richtung. Diese Entwicklung sollte intensiv verfolgt werden und führt voraussichtlich im Jahr 2021 zu entsprechenden Aktivitäten.

3.6.2.3 Weiterentwicklung der Datenbank ÖKOBAUDAT

Die vom BBSR betreute Datenbank ÖKOBAUDAT enthält bei den Angaben zu Ökobilanzdaten für Materialien auch Informationen zum Einsatz von Stoffen – siehe Abschnitt 3.5.4.3. Diese lassen jedoch bisher keine Rückverfolgung bis zur Inanspruchnahme von Primärrohstoffen, insbesondere für nichtmetallische mineralische Rohstoffe und Erze zu. Die Bereitstellung derartiger Daten wird derzeit nicht als Aufgabe der Betreuer der Datenbank gesehen. Sollten jedoch (1) künftig derartige Daten nachgefragt werden, (2) ihre Ermittlung auf genormten Grundlagen beruhen und (3) qualitätsgesicherte generische Daten oder branchentypische bzw. produktspezifische Umweltproduktdeklarationen (EPDs) mit derartigen Angaben zur Verfügung stehen, besteht die Bereitschaft, entsprechende Angaben in die ÖKOBAUDAT aufzunehmen.

Im Bereich der ÖKOBAUDAT besteht die grundsätzliche Bereitschaft

- Angaben zur Inanspruchnahme von Primärrohstoffen – soweit vorhanden - zu ergänzen
- bei komplexen Produkten (Fenster, Heizung) die Materialart und –menge relevanter Komponenten vorzuhalten
- die Systematik von Materialbezeichnern weiterzuentwickeln und mit den Ansätzen Dritter ab- und anzugleichen.
- die Systematik von Abfallschlüsseln weiterzuentwickeln, stärker auszudifferenzieren und ggf. im europäischen Kontext auf derartige Entwicklungen hinzuwirken.

3.6.2.4 Weiterentwicklung des Bewertungshilfsmittels eLCA

Beim Bewertungshilfsmittel eLCA handelt es sich um ein vom BBSR entwickeltes und frei zur Verfügung stehendes Werkzeug für die Erstellung und Bewertung von Ökobilanzen für Bauwerksteile und Bauwerke[15]. Basis ist die Beschreibung verbauter Materialien.

[15] vgl. BBSR o.J. und Rössig 2005

Im Bereich der Weiterentwicklung von eLCA besteht die grundsätzliche Bereitschaft,

- ohnehin vorhandene Angaben zu verbauten Materialien zu einem Materialinventar zusammenzufassen,
- inputseitig die Herkunft verbauter Materialien bis zur Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen zurückzuverfolgen, soweit mittel- oder längerfristig Daten hierfür vorliegen,
- outputseitig Art und Menge ausgebauter Materialien weiter ausdifferenzierten Abfallschlüsseln zuzuordnen.

Im Rahmen der Zusammenarbeit im Projekt wurden von den Bearbeitern des BBSR, die an der Weiterentwicklung von eLCA beteiligt sind, Möglichkeiten der Unterstützung einer Erstellung von Materialinventaren aus eLCA heraus getestet. Der Schwerpunkt lag auf der Erprobung von Ansätzen für Materialinventare in der Elemente-Version. Danach ist es bereits jetzt prinzipiell möglich, die verbauten Materialarten den Bauwerksteilen (hier repräsentiert durch die elementbezogenen Kostengruppen nach DIN 276) zuzuordnen und ihnen Abfallschlüssel zuzuweisen. Wie bereits im Abschnitt 2.1.3 dargestellt, wird hier die Systematik der Abfallschlüssel intern nochmals erweitert. Tabelle 30 zeigt den Stand derzeitiger Möglichkeiten aus Sicht der Anwendung des Berechnungs- und Bewertungshilfsmittels eLCA.

Tabelle 30 Beispiel für Zuordnung von Materialmengen zu Bauteilen und Abfallschlüsseln

1	**Vorkommen von BETON in Bauteilen**				**Vorkommen von ZIEGELSTEINEN in Bauteilen**				**Vorkommen von EISEN und STAHL In Bauteilen**			
2	*KG*		*Masse [kg]*	*Volumen [m³]*	*KG*		*Masse [kg]*	*Volumen [m³]*	*KG*		*Masse [kg]*	*Volumen (m³)*
	320		**4.347.263,1**	**1.833,5**	**330**		**7.452.996,1**	**7.596,1**	**320**		**172.109,9**	**21,9**
	320	322	1.211.904,0	505,0	330	331	7.269.792,0	3.634,9	320	324	172.109,9	21,9
	320	324	3.135.359,1	1.328,5	330	335	183.204,1	3.961,2	**350**		**483.622,8**	**61,6**
	330		**3.633.322,5**	**2.074,6**	**340**		**2.742.195,0**	**1.371,1**	350	351	483.622,8	61,6
	330	331	3.211.200,0	1.605,6	340	341	2.742.195,0	1.371,1				
	330	336	422.122,5	469,0	**350**		**673.067,4**	**1.170,6**				
	340		**621.154,9**	**775,8**	350	351	673.067,4	1.170,6				
	340	341	271.350,1	387,1	**360**		**800.307,9**	**2.441,1**				
	340	345	349.804,8	388,7	360	361	63.086,4	2.102,9				
	350		**1.010.046,0**	**693,9**	360	363	737.221,5	338,2				
	350	351	46.206,0	51,3								
	350	352	963.840,0	642,6								
3	Abfallschlüssel **AVV 170101-000**				Abfallschlüssel **AVV 170102-000**				Abfallschlüssel **170405-000**			

Quelle: S. Rössig, BBSR 2020; Berechnung mit eLCA

Für die Kostengruppe (KG) 320 Gründung werden im oben dargestellten Anwendungsbeispiel der Gesamtwert bezogen auf die Masse und das Volumen als auch die Teilsummen in den

Kostengruppen der dritten Ebene der DIN 276, hier KG 322 Flachgründung und der KG 324 Unterböden und Bodenplatten ausgewiesen. Für die KG 330 Außenwände werden sowohl der Gesamtwert, bezogen auf die Masse und das Volumen, als auch die Teilsummen in den Kostengruppen der dritten Ebene der DIN 276, hier KG 331 Tragende Außenwände und der KG 335 Außenwandbekleidung, ausgewiesen. Ausgehend von den ökobilanziellen Standardauswertungen (GWP, PE, usw.) können mit eLCA automatisch die Stoffströme eines Bauteils bzw. eines Gebäudes – siehe Tabelle 31 – u. a. in Anlehnung an die Abfallverzeichnis-Verordnung AVV (BBSR-AVV) nach Kostengruppen der DIN 276 gegliedert ausgegeben werden. Alle für die Ökobilanz erfassten Bauteile bzw. Materialien werden demensprechend separat nach Abfallschlüssel aggregiert ausgewiesen. Dies ist ein erster Schritt der Einbindung von Kategorien der Abfallwirtschaft in die Berechnungen und Darstellungen unter Nutzung des Werkzeugs eLCA.

Die derzeit vorliegenden Abfallschlüsselnummern sind bisher nur bedingt dafür geeignet, Bezüge zu konkreten Verwertungsoptionen herzustellen. Hierzu wird deshalb beim BBSR eine Diskussion geführt, die eine differenziertere Gliederung der Abfallkategorien vorsieht. Diese Diskussion wurde im Rahmen des Projektes aufgegriffen und mit Beiträgen unterstützt. Ein entsprechender Vorschlag einer Gliederungssystematik für Bauabfälle wurde bereits in Abschnitt 2.1.3 vorgestellt.[16]

Tabelle 31 Darstellung von Stoffströmen in eLCA

Bauteile der Kostengruppe	Masse [t]	Volumen [m³]
320	**4.347**	**1.833**
322	1.211	505
324	3.135	1.328
330	**290**	**323**
336	290	323
340	**621**	**775**
341	271	387
345	349	388
350	**46**	**51**
351	46	51

Quelle: S. Rössig, BBSR (2020)

Am Beispiel von eLCA, das weit über den Kontext einer Nachhaltigkeitsbewertung nach BNB eingesetzt wird, kann somit künftig ein Materialinventar erzeugt werden, das gleichzeitig Hinweise auf entstehende Abfallfraktionen enthält. Hieraus lassen sich Aussagen zu deren Recyclingmöglichkeiten ableiten. Derzeit wird diskutiert, Materialinventare als beschreibendes oder ggf. bewertendes Kriterium (hier mit Nachweis eines Anteils, der als recyclingfähig deklariert ist) in das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes (BNB) zu integrieren.

3.6.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse einer Praxiserprobung mit dem BBSR

Mit Vertretern des BBSR wurde das Materialinventar in der Element-Version diskutiert. Es entspricht der etablierten Arbeitsweise unter Nutzung der Element-Methode und der Vorgehensweise beim Einsatz des Werkzeugs eLCA. Der Austausch konzentrierte sich auf Detailfragen, insbesondere zur detaillierteren Ausgestaltung der Abfallkategorien. Das BBSR treibt derzeit in eigenen Forschungsprojekten die Weiterentwicklung von Grundlagen zur Beschreibung und Bewertung von Möglichkeiten bei Rückbau, Trennung und Verwertung voran.

[16] Die Abfallschlüsselnummer nach AVV wird durch ein dreistelliges Suffix, das vom BBSR zugewiesen wird, ergänzt. Die resultierende BBSR-Abfallschlüsselnummer soll zukünftig eine noch genauere Einordnung der Stoffströme ermöglichen.

Das BBSR betreut fachlich die Weiterentwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB). Dieses schafft einerseits eine Nachfrage nach Informationen zu den geplanten bzw. verbauten Materialien und kann gleichzeitig über die Formulierung von Anforderungen an Objektdokumentationen einschließlich an die darin integrierten Materialauszüge zur Verbreitung von Materialauszügen beitragen. Hier kann an frühere Überlegungen zu Gebäudepässe ebenso angeknüpft werden wie an bestehende Dokumentationspflichten. Für eine zusammenfassende Darstellung eignet sich kurzfristig das Materialinventar in der Basisversion, mittelfristig in der dynamischen Variante.

3.6.3 Zusammenarbeit mit dem Fertighausunternehmen WeberHaus

3.6.3.1 Kurzvorstellung des Unternehmens und Einordnung in den Kontext des Projekts

Sowohl projektbegleitend als auch im Rahmen der Praxiserprobung erfolgte eine Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. (BDF), der Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau (QDF) sowie dem Fertighausunternehmen WeberHaus. Die QDF formuliert in ihrer Satzung Anforderungen an die ökonomische, ökologische, funktionale und technische Qualität der Häuser und die Qualität des Bauprozesses (QDF 2015). Die Satzung sieht die Herstellung und Übergabe von Hausakten an Bauherren vor. Die Hausakte soll dabei die Aufgaben einer Darstellung, Aktualisierung und Archivierung von Objektinformationen erfüllen, begonnen vom Unternehmen bei Erstellung und Übergabe sowie lebenszyklusbegleitend fortgeschrieben durch die Eigentümer. Hier ergaben sich Ansätze zur Integration von Materialinventaren in eine Hausakte. Stellvertretend für die Mitglieder von BDF und insbesondere QDF wurden mit der Firma WeberHaus GmbH & Co. KG Möglichkeiten der Dokumentation eingebauter Materialien erörtert. Die WeberHaus GmbH & Co. KG ist ein Fertighaushersteller mit Hauptsitz in Rheinau-Linx und produziert Ein- und Mehrfamilienhäuser, Objekt- und Gewerbebauten.

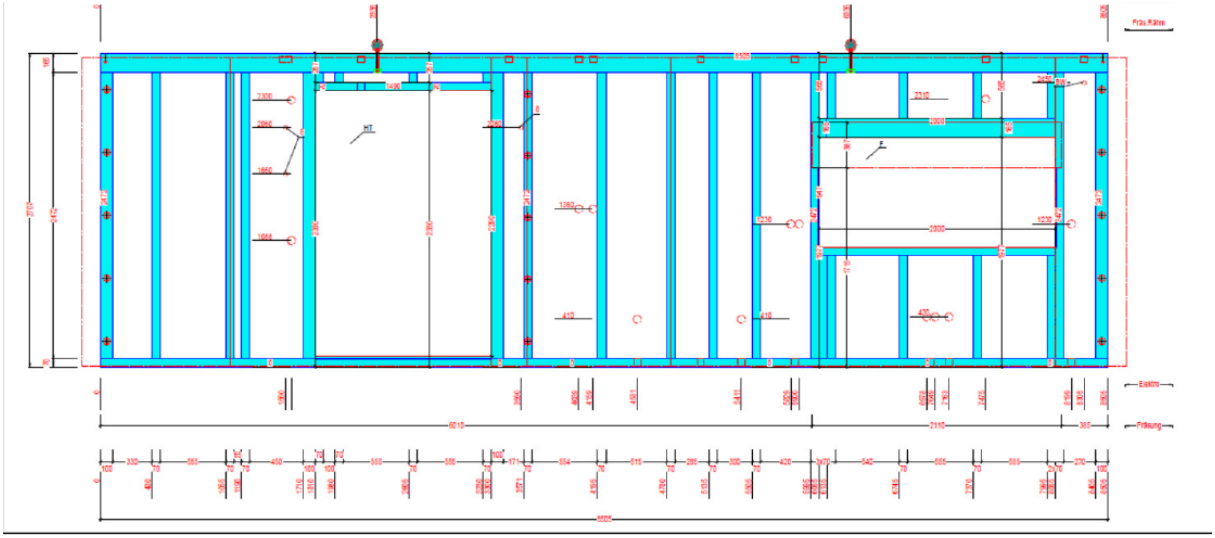
Ein Anwendungsfall für die Erstellung bauwerksspezifischer Materialinventare sind Fertighäuser. Fertighäuser stehen hier einerseits für kleinere Wohnbauten und damit einen Teil des Hochbaus mit hohem Anteil an sowohl der Fertigstellung von Gebäuden als auch am nationalen Gebäudebestand. Von Januar bis Dezember 2019 wurden 101.569 neue Ein- und Zweifamilienhäuser genehmigt, davon 21.171 Fertighäuser (vgl. BDF 2020). Der Fertigbau hatte somit 2019 einen Marktanteil an den genehmigten Ein- und Zweifamilienhäusern von ca. 20 %. Fertighäuser repräsentieren gleichzeitig das vorgefertigte und elementierte Bauen.

Es wurde von der These ausgegangen, dass in der Fertighausindustrie günstige Voraussetzungen für Materialinventare in der Elemente-Version anzutreffen sind. Es wurde angenommen, dass für die Fertighausindustrie eine automatisierte Erstellung von Materialinventaren für ihre Bauwerke im Kontext von Industrie 4.0-Ansätzen kaum zu einem Mehraufwand führt. Fertighäuser bauen i. d. R. bei voller gestalterischer und funktionaler Vielfalt auf standardisierten Baureihen auf und werden bereits unter weitgehender Nutzung digitaler Werkzeuge geplant.

3.6.3.2 Erprobung am Beispiel eines Außenwandelements

Da Fertighäuser aus vorgefertigten Elementen bestehen, bot sich die Erprobung eines Materialinventars in der Elemente-Version an. Für diese wurde in enger Abstimmung mit Vertretern der WeberHaus GmbH & Co. KG als Betrachtungsgegenstand ein fiktives Bauelement (Erdgeschossaußenwand) ausgewählt. Eine schematische Konstruktionszeichnung ist in Abbildung 37 dargestellt.

Abbildung 37 Konstruktionszeichnung eines Wandelements



Quelle: WeberHaus

Für das fiktive Außenwandelement wurde zunächst unternehmensintern ein Materialauszug erstellt – siehe Abbildung 38:

Abbildung 38 Materialauszug für ein fiktives Wandelement

Materialien pro Wand (neue AW) (bereinigt (Tür & Fenster ausgerechnet):

Nr.	Schicht	d [mm]	m²	m³	kg/m³
1	Gipskarton	9,50	17,11	0,16	900
2	Dampfbremse	0,40	17,62	0,01	300
3	Holzwerkstoffplatte	16,0	17,62	0,28	590
4	Mineralwolle	260	13,76	3,58	22
5	Konstruktionsholz D	260	direkte m³ Angabe	10,56	500
6	Weichfaserplatte	100	18,65	1,87	160
7	Grundputz	5,00	18,65	0,09	1400
8	Grundierung	0,09	18,65	0,00	1500
9	Edelputz	3,00	18,65	0,06	1800
10	Anstrich	0,45	18,65	0,01	0,00

Laibungsplatte	4x
Rollladenkasten	1x
Rollladen	1x
Rollladenführungsschienen	2x
Gefällekeil unter Fensterbank	1x
Fensterbank	1x
2. Abdichtebene	1x
Hinterfüllschnur	1x
Anputzleisten	6x
Flüssigkunststoffabdichtung Haustür	1x
Haustür	1x
Fenster (Kunststoff)	1x
Verankerung der AW mit BP	6x
Elektroleerdosen	12x
Elektroleerrohr	8x
Feuchtigkeitssperrfolie Schwelle	1x
Verschraubung mit AW links und rechts	10x
Kranhaken	2x

Quelle: WeberHaus

Es wurde deutlich, dass gute Voraussetzungen für die Erstellung von Materialinventaren unter Nutzung der Element-Version gegeben sind. Die zusätzliche Nutzung von Stücklisten für komplexere Bauteile wie Fenster und Türen ist sinnvoll. Durch Stücklisten kann ein Bauteilrecycling unterstützt werden. Ein arbeitsteiliger Ansatz zwischen Angaben zur Unterstützung eines Bauteil- und eines Baustoffrecyclings ist jedoch noch zu diskutieren. Dabei wird vorgeschlagen, wiederverwendbare Bauteile einerseits in bauwerksspezifischen Stücklisten zu erfassen und andererseits in die Darstellung von Art und Mengen verbauter Materialien zu integrieren. Eine Entscheidung, ob ein Bauteil als solches ausgebaut und einer Wiederverwendung zugeführt werden kann, wird voraussichtlich erst im Rahmen der unmittelbaren Rückbauplanung fallen können. Im Bereich einer Rückverfolgung bis zur Inanspruchnahme der Primärrohstoffe und weiterer natürlicher Ressourcen ist eine Aufschlüsselung von komplexen Bauteilen auf ihre Komponenten unverzichtbar. Empfohlen werden hier z. B. EPDs für Fenster[17]. Die Art der Verbindung der Einbauteile zum Wandelement sollte im Hinblick auf die Trennbarkeit beim Rückbau bzw. die Recyclingfähigkeit angegeben werden.

Tabelle 32 Angaben zu Materialien/Vorprodukten eines Fensters in einer EPD

Rohmaterial/Vorprodukt	Masse in %
Isolierglasverbund	57,0
Holzprofil	29,6
Aluminiumprofil	6,2
Beschlag	3,8
Dichtung	1,8
Beschichtung	1,6

Quelle: eigene Darstellung nach ift Rosenheim (2012), S. 8

Die Fertighausbranche hat ihrerseits ein Interesse an der Erfassung, Beschreibung und Dokumentation verbauter Materialien. Diese Informationen bilden eine Grundlage für (1) die im Rahmen von Nachhaltigkeitsbewertungen und -zertifizierungen ohnehin notwendigen Ökobilanzierungsergebnisse, (2) eine Beurteilung von Risiken für lokale Umwelt und Gesundheit sowie (3) die Einschätzung der Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit. Für Gebäude mit erhöhtem Anteil an Holz und/oder Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen besteht zusätzlich ein Interesse daran, den während der Nutzungsdauer gespeicherten Kohlenstoff (carbon content) auszuweisen. Auch hierfür ist ein Materialinventar das geeignete Instrument.

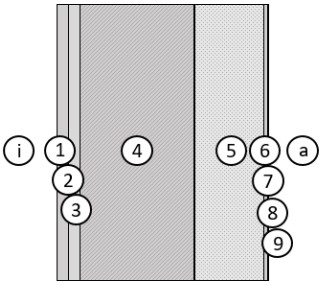
Im Rahmen der Erprobung der Element-Version wurden am Beispiel des fiktiven Außenwandbauteils zunächst die unternehmensspezifischen Angaben aus Abbildung 38 zunächst in eine andere Darstellungsform überführt – siehe Abbildung 39. Insbesondere wurde hierbei diskutiert, wie noch detaillierter als bisher die Trennbarkeit von Schichten dargestellt werden kann. Deutlich wird auch, dass bei einer Fachwerkwand zwei Bereiche im Schichtenaufbau dargestellt werden müssen.

[17] Ein Beispiel für eine EPD für Fenster zeigt ift Rosenheim (2012). Dabei ist insbesondere die Aufteilung nach Rohmaterialien und Vorprodukten für die verschiedenen Fenstertypen ab S. 8 hervorzuheben.

Abbildung 39 Abfolge und Verbindung von Schichten eines fiktiven Wandelements

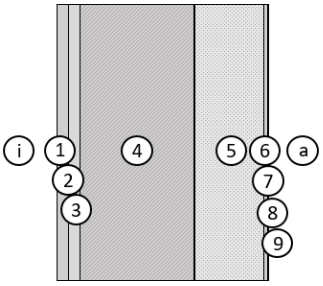
Anmerkung: die gesondert ausgewiesenen Einbauteile sind hier nicht berücksichtigt; die Angaben sind normiert auf 1 m² ungestörte Bauteilfläche (ohne Fenster, Kabelschächte, Eckverbindungen etc.)

für Fachwerk



Nr.	Schicht	Dicke [mm]	Menge [m³]	Masse [kg]	Art der Verbindung /Lösbarkeit
i	innen				
1	Gipskarton	9,50	0,0095	8,56	verklammert auf der OSB Platte
2	Dampfbremse	0,40	0,0004	0,12	
3	Holzwerkstoffplatte	16,0	0,016	9,44	verklammert auf Holzrahmenkonstruktion
4	Konstruktionsholz D	260	0,26	130	untereinander verschraubt & verklammert
5	Weichfaserplatte	100	0,1	16	auf Konstruktionsholz verklammert
6	Grundputz	5,00	0,005	7	Armierungs-Grundputz wird aufgespritzt
7	Grundierung	0,09	0,00009	0,135	
8	Edelputz	3,00	0,003	5,4	Edelputz wird auf der Baustelle aufgezogen
9	Anstrich	0,45	0,00045	0,00	
a	außen				

für Gefach

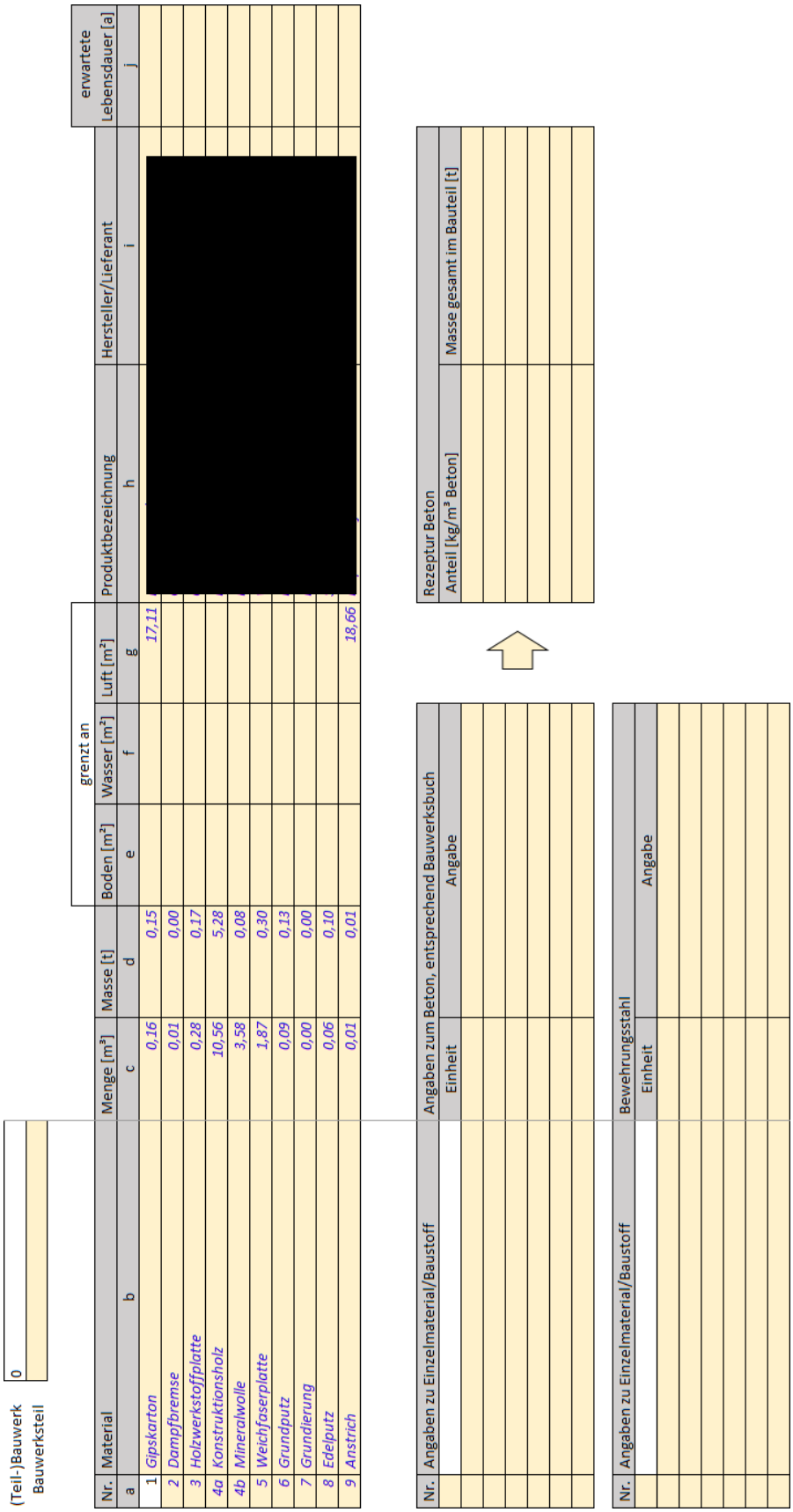


Nr.	Schicht	Dicke [mm]	Menge [m³]	Masse [kg]	Art der Verbindung /Lösbarkeit
i	innen				
1	Gipskarton	9,50	0,0095	8,56	verklammert auf der OSB Platte
2	Dampfbremse	0,40	0,0004	0,12	
3	Holzwerkstoffplatte	16,0	0,016	9,44	verklammert auf Holzrahmenkonstruktion
4	Mineralwolle	260	0,26	5,7	eingelegt/eingeklemmt (Klemmwirkung)
5	Weichfaserplatte	100	0,1	16	auf Konstruktionsholz verklammert
6	Grundputz	5,00	0,005	7	Armierungs-Grundputz wird aufgespritzt
7	Grundierung	0,09	0,00009	0,135	
8	Edelputz	3,00	0,003	5,4	Edelputz wird auf der Baustelle aufgezogen
9	Anstrich	0,45	0,00045	0,00	
a	außen				

Quelle: eigene Darstellung

Auf dieser Grundlage konnten die Daten in die für ein Materialinventar in der Element-Version entwickelten Formblätter überführt werden. Abbildung 40 beschreibt den Schichtenaufbau mit Angabe der Materialarten, ergänzt durch Mengen und Massen. Aus den Angaben zum Kontakt mit Außenluft, Oberflächen- oder Grundwasser sowie Boden können später Wirkungen auf die lokale Umwelt abgeleitet werden, soweit zu den Materialien, welche die Oberfläche bilden, entsprechende Daten vorliegen. Eine Zuordnung von Produkt- und Herstellerangaben sowie zur Lebensdauer ist vorgesehen, im Beispiel jedoch nur teilweise ausgeführt.

Abbildung 40 Entwurf eines Materialinventars nach Elementmethode



Quelle: eigene Darstellung

Ein weiteres Beispiel für diese Formblätter – hier zur Charakterisierung der Art der Verbindung von Schichten – ist in Abbildung 41 zu sehen. Eingeführt wurde ein Code zur Trennbarkeit, der sich u. a. aus der Art der Verbindung ergibt. Hier besteht ein Bedarf an einer Vereinheitlichung von Bezeichnern bzw. der Entwicklung einer Systematik, ggf. in Anlehnung an aktuelle Arbeiten beim Praxispartner BBSR – siehe Abschnitt 3.6.2.

Abbildung 41 Beschreibung der Schichtengrenzen

(Teil-)Bauwerk	0
Bauwerksteil	*Erdgeschossaußenwand WeberHaus*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Code Trennbarkeit	Kommentar
Gipskarton			
Dampfbremse	*verklammert auf der OSB Platte*	*1 a*	

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Code Trennbarkeit	Kommentar
Holzwerkstoffplatte			
Konstruktionsholz	*verklammert auf Holzrahmenkonstruktion*	*1 a*	*Holzkonstruktion ausgefacht mit Mineralwolle (geklemmt)*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Code Trennbarkeit	Kommentar
Konstruktionsholz			
Weichfaserplatte	*verschraubt und verklammert*	*1 a*	

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Code Trennbarkeit	Kommentar
Weichfaserplatte			
Grundputz	*aufgespritzt*	*2 b*	

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Code Trennbarkeit	Kommentar
Grundierung			
Edelputz	*aufziehen*	*3 b*	*auf der Baustelle*

1) ohne Schäden lösbar
2) i.d.R. ohne Schäden lösbar
3) i.d.R. nur mit Schädigung oder Zerstörung lösbar
a) i.d.R. keine Anhaftungen
b) i.d.R. Anhaftungen

Quelle: eigene Darstellung

3.6.3.3 EXKURS zum Umgang mit Haustechnik

Intensiv diskutiert wurden zusätzlich die Möglichkeiten des Umgangs mit der Haustechnik – konzeptionell ist deren Berücksichtigung bereits in der Basisvariante vorgesehen – siehe auch Tabelle 25. Bei der Überführung in eine Elemente-Version zeichnen sich zwei Handlungsmöglichkeiten ab:

a) elementintegrierte Vorgehensweise: Insbesondere beim Praxispartner wird diskutiert, ob und inwieweit eine Ausstattung der physischen Elemente mit Haustechnikkomponenten künftig angestrebt werden kann und soll. In diesem Fall würden diese Komponenten auch in der Beschreibung berücksichtigt. Diese entspricht damit der physischen Realität und beschreibt den tatsächlichen Einbauort. Haustechnikkomponenten, die nicht einem Element zugeordnet werden können, bilden eine eigene Gruppe von „Haustechnik-Elementen“. Ein Beispiel ist der Heizkessel.

b) virtuelle Elemente für haustechnische Systeme: Bei diesem Vorgehen werden Verteilleitungen, Steckdosen usw. nicht den Elementen zugeordnet, in denen sie physisch verbaut wurden. Es werden virtuelle Elemente für haustechnische Systeme beschrieben und verwendet, die sämtliche Teile umfassen und auf den Einbauort nicht eingehen, hier i. S. v. 1 Stück Heizungsanlage. Eine Kooperation kann hier mit den Anbietern erfolgen, insbesondere, um Art und Menge der z. B. im Heizkessel verbauten Materialien zu verwalten.

Es kann davon ausgegangen werden, dass in einer Übergangsphase Mischformen auftreten.

3.6.3.4 Zusammenfassung der Praxiserprobung mit WeberHaus

In enger Zusammenarbeit mit dem Fertighausunternehmen wurde das Materialinventar in der Element-Version getestet. Es wurde deutlich, dass sich diese Version in besonderer Weise für Gebäude eignet, die ohnehin in elementierter bzw. serieller Bauweise errichtet werden. Die Erfahrungen lassen sich damit weit über die Fertighausbranche hinaus verallgemeinern. Eine Planung mit „Elementen" ist jedoch nicht auf elementierte oder serielle Bauweisen begrenzt, sondern auch in der Kostenermittlung sowie in der Nachhaltigkeitsbewertung verbreitet. Die Element-Version des Materialinventars bietet die umfangreichsten Möglichkeiten, um den Informationsbedarf im Zusammenhang mit unterschiedlichen Fragestellungen zu decken. Ein besonderes Interesse gab es z. B. an der Möglichkeit der Ergänzung von Produkt- und Herstellerangaben bis hin zu einzelnen Chargen.

In der Fertighausbranche herrscht eine Sondersituation. Die in der QDF vertretenen Mitgliedsunternehmen, darunter auch WeberHaus, übergeben Bauherrn bereits eine fortschreibbare Hausakte. Diese kann künftig um ein Materialinventar ergänzt werden. Damit ergeben sich gute Möglichkeiten für eine schnelle Verbreitung von Materialinventaren in diesem Marktsegment. Aus Sicht der Bearbeiter ergeben sich im Hinblick auf die ursprünglich verfolgte Zielstellung einer Unterstützung des Recyclings weitere Chancen. Eine mögliche Erfassung verbauter Materialien für konkrete Einzelelemente einschließlich einer lebenszyklusbegleitenden Archivierung der Daten verbessert die Chancen bei einer Rücknahme von Elementen über geeignete Informationen zu deren Inhalt an Materialien zu verfügen.

3.6.4 Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe

3.6.4.1 Kurzvorstellung RP Karlsruhe und Einordnung in den Kontext des Projekts

Das Regierungspräsidium Karlsruhe (RP) ist im Bereich Ingenieurbau u. a. für Bau, Erhaltung, Betrieb und Unterhaltung von Autobahnen und Brücken[18] im regionalen Zuständigkeitsbereich verantwortlich und unterhält dazu eine detaillierte Objektdokumentation für die entsprechenden Ingenieurbauwerke. Das RP Karlsruhe steht dabei exemplarisch für andere Regierungspräsidien und vergleichbare Einrichtungen. Die Bearbeiter dieses Projekts standen in Kontakt zum Referat für Ingenieurbau, das u. a. Beispiele für Unterlagen zur Dokumentation von Brücken in Form von Bauwerksbüchern zur Verfügung stellte.

Brücken- bzw. Bauwerksbücher werden bereits seit Jahrzehnten zur Beschreibung von Ingenieurbauwerken verwendet. Sie orientieren sich an der DIN 1076 (DIN 1076:1999-11) und der ASB-ING (Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten) (BMVBS 2013b). Sie enthalten bisher u. a. Angaben zu den Materialarten der Hauptbaustoffe sowie teilweise den Bauprodukten oder deren Herstellern, bisher jedoch nicht zu den Mengen an verbauten Materialien. Die in den Bauwerksbüchern derzeit enthaltenen Informationen wurden im Rahmen der Analyse der Ausgangssituation analysiert.

3.6.4.2 Ergebnisse der Analyse von Bauwerksbüchern und weiteren Informationsquellen

Bauwerksbücher dienen der der Erfassung und Beschreibung von Ingenieurbauten (wie beispielsweise Brücken), beinhalten die Ergebnisse von Inspektionen und dokumentieren die Instandhaltung. Ihr Inhalt und Aufbau basieren auf Planungsdokumenten (Pläne, technische Zeichnungen, Spezifikationen…) und Dokumenten, die bei der Errichtung (Lieferscheine, Betoniertagebücher, Aufmaßblätter) und im Betrieb (Prüfberichte und Dokumentation der

[18] Bei Bundes- und Landesstraßen nur Bau und Erhaltung – die unteren Verwaltungsbehörden (also die Landratsämter) sorgen hier für Unterhaltung und den Betrieb. Bei Landesstraßen baut das Land Baden-Württemberg im eigenen Auftrag. Bei Autobahnen und bei Bundestraßen ist der Bau in der Auftragsverwaltung an die Länder abgedeckt.

Instandsetzung) entstehen. Bauwerksbücher werden im Auftrag des Bauherrn (hier: Regierungspräsidium Karlsruhe) von den ausführenden Bauunternehmen mithilfe einer einheitlichen Software (SIB-Bauwerke) erstellt und an den Auftraggeber übergeben. Die Software wird von der WPM Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Datenverarbeitung bereitgestellt (WPM-Ingenieure, 2016). Im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) ist eine Arbeitsgruppe derzeit mit der Neugestaltung der Software beschäftigt (vgl. dazu ITKo (o.J.)).

In der Phase der Analyse wurde untersucht, wie vorliegende Brückenbücher aus zurückliegenden Perioden, die dankenswerterweise vom Regierungspräsidium Karlsruhe zur Einsicht zur Verfügung gestellt wurden, strukturiert sind und welche Informationen zu den verbauten Materialien darin enthalten sind. In einem weiteren Bearbeitungsschritt wurde analysiert, welche weiteren, in den Brücken- bzw. Bauwerksbüchern nicht enthaltenen Informationen bereits anderweitig zur Verfügung stehen oder erhoben werden (können), um auf dieser Basis die Bauwerksdokumentation über den aktuellen Inhalt hinaus zu ergänzen bzw. zu erweitern. Auf dieser Grundlage wurden Vorschläge für die Erweiterung der Bauwerksdokumentation in Richtung eines (lebenszyklusbegleitenden) Materialinventars entwickelt, die Anforderungen an zusätzlichen Informationen zur materiellen Zusammensetzung der Bauwerke aufgreifen. Ziel war das Decken eines Informationsbedarfs, der sich aus den Erfordernissen übergeordneter regionaler Materialkataster, der Arbeitsaufgaben einer Vielzahl von Akteuren sowie den von der bestandsverwaltenden Behörde derzeit und insbesondere künftig benötigten Daten ergibt.

3.6.4.2.1 Inhalt bestehender Bauwerksbücher

In einem ersten Arbeitsschritt wurden existierende Bauwerksbücher analysiert. Insgesamt wurden vier Bauwerksbücher aus verschiedenen Jahrzehnten gesichtet.

Die vorliegenden Bauwerks- bzw. Brückenbücher unterscheiden sich je nach Entstehungszeitpunkt in ihrer Systematik zum Teil deutlich. Generell lässt sich sagen, dass die Angaben bezüglich der verwendeten Materialarten detailliert und genau sind, während Angaben zu den jeweiligen Mengen und Massen fehlen. Insbesondere die Materialqualitäten von Stahl und Beton sind aufgeschlüsselt auf die Bauwerksteile systematisch hinterlegt. Die Qualitäten anderer Materialien, wie beispielsweise Farben und Lacke wird weniger systematisch erfasst, sondern nur in freien Textfeldern über Produkt- oder Herstellernamen oder allgemeine Bezeichnungen beschrieben, was u.U. ein automatisiertes Auslesen erschwert. Allen Bauwerks- bzw. Brückenbüchern werden – soweit vorhanden – im weiteren Lebenszyklus Prüfberichte und Dokumentation der Instandsetzung für das Bauwerk beigefügt. Insofern erfolgt eine Ergänzung von Informationen im Lebenszyklus.

Nachstehend werden die Ergebnisse einer Analyse des Informationsgehalts von Bauwerksbüchern im Hinblick auf die Projektziele vorgestellt.

Inhalte von Bauwerksbüchern neueren Datums

Bauwerksbücher, die mithilfe der SIB-Bauwerke-Software erstellt wurden, enthalten die folgenden, für das Projekt KartAL IV relevanten Informationen, die Rückschlüsse auf das Bauwerk und seine materielle Zusammensetzung zulassen: (1) Namen oder die Bezeichnung des Bauwerks und dessen Bauwerksnummer, (2) allgemeine Informationen wie das Baujahr, die Bauweise, das statische System, die Länge, Breite und Fläche, Angaben zum Überbau und zum Haupttragwerk, (3) eine Auflistung der Teilbauwerke mit detaillierten Angaben zu Baustoffen/Materialien (z. B. für (Stahl-)Beton: Zementart, Zementgehalt, Festigkeit/Betonklasse, Expositionsklasse, Betonstahlgüte, Zuschlagstoffe, Zusätze, Korngröße, usw.), (4) teilweise Angaben zum Korrosionsschutz und/oder der Deckbeschichtung.

Inhalte von älteren Bauwerksbüchern

Ältere Bauwerksbücher (im Folgenden Brückenbücher), die vor der Anwendung von SIB-Bauwerke erstellt wurden, sind weniger systematisch strukturiert, teilweise unterscheiden sich die Versionen in Format und Struktur stark. Generell enthalten sie (1) Namen oder die Bezeichnung des Bauwerks, die Bauwerksnummer und das Baujahr, (2) Informationen zu den verwendeten Baustoffen, dem Fahrbahnbelag und Gehwegbelag, Sonderausrüstungen (Kabel usw.), der Gründung und Stahlbauteilen.

Bewehrungs- und Vorspannstahl wird i. d. R. mit Stahlsorte, -art und -güte ausgewiesen, entsprechend werden detaillierte bauteilweise Angaben über den Auspressmörtel (Zementart, Zusätze, Zuschläge, Wasser…), das Mauerwerk, Mauerwerkmörtel und Betonbauteile (Betonklasse, Zementart und -gehalt, Zusätze und Zuschläge, Festigkeit) gemacht. Des Weiteren finden sich detaillierte Beschreibungen der Abdichtung, Anstriche und der (Fahrbahn-/Geh- und Radweg-) Beläge nach Bauteilen (teilweise mit Hinweisen auf Material und Verbindung der Schichten).

3.6.4.2.2 Informationsgehalt von Prüfberichten und Instandsetzungsdokumenten

Die den Bauwerks-, beziehungsweise Brückenbüchern beigeordneten Prüfberichte enthalten generell Angaben zum Ort, dem Namen oder der Bezeichnung des Bauwerks, dessen Bauwerksnummer, dessen Baujahr und der Bauwerksart. Darüber hinaus sind die Ausrichtung des Bauwerks nach Himmelsrichtung und die Richtung, in der die Prüfung erfolgt ist, das Prüfungsdatum oder der Prüfzeitraum, eine Zustandsnote und eine Schadensbeschreibung nach Bauteilen vermerkt.

Die in den Bauwerks-, beziehungsweise Brückenbüchern hinterlegte Dokumentation der Instandsetzung ist deutlich weniger einheitlich, jedoch werden in der Regel die verwendeten Materialien oder Produkte genannt, teilweise mit Hersteller, Applikationsverfahren und Schichtdicke.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Bauwerksbücher i. d. R. detaillierte Angaben zu den Hauptbaustoffen enthalten, einschließlich einer Zuordnung zu Bauwerksteilen (hier u. a. im Sinne von Fundament, Widerlager, Überbau, Fahrbahn, Geländer, Schutzeinrichtungen). Sie werden im Lebenszyklus des Bauwerks durch Zustandsberichte und die Dokumentation der Instandsetzung regelmäßig ergänzt. Angaben zu Materialmengen, späteren Recyclingmöglichkeiten, Stoffeinträgen aus der Nutzung, Emissionen in die Umwelt usw. fehlen bisher. Wie weit hier jedoch der Informationsbedarf gehen kann zeigt das Interesse an Angaben zu möglichweise asbesthaltigen Abstandshalten bei Betonierarbeiten. Bei der nächsten Überarbeitung der Software zur Erarbeitung von Bauwerksbüchern könnte und sollte aus Sicht der Bearbeiter dieses Berichts prinzipiell die Möglichkeit des Einbringens von zusätzlichen Datenfeldern erwogen werden, um vorhandene Lücken zu schließen.

3.6.4.2.3 Aktuell verfügbare Zusatzinformationen („Bauwerksbuch + X“)

Zusätzlich zu den in den Bauwerksbüchern vorhandenen Informationen zur materiellen Zusammensetzung lassen sich weitere Informationsquellen heranziehen, um die Sammlung aktuell bestehender Informationen zu vervollständigen. Mögliche Quellen von bereits vorliegenden Zusatzinformationen sind beispielsweise Aufmaßblätter und Lieferscheine zur Abrechnung, die beim Bauherrn (hier: Regierungspräsidium Karlsruhe) vorliegen. Die zuständige Stelle beim Regierungspräsidium ist hierbei das Baureferat. Der Kontakt zu diesem wurde hergestellt und eine Analyse des vorhandenen Informationspotentials hinsichtlich Art und Umfang ist erfolgt. Eine Beschreibung der dort vorliegenden Informationen und Dokumente findet sich im nächsten Abschnitt 3.6.4.2.4.

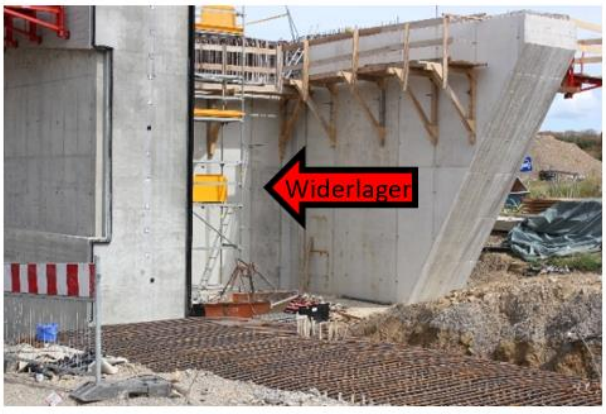
Eine weitere Quelle bereits vorliegender Zusatzinformationen ist das ausführende Bauunternehmen. Hier dürften die präzisesten Informationen zum Materialmengen und -qualitäten im Sinne interner Informationen zur Kostenverfolgung vorliegen, es liegt allerdings kein Anreiz vor, diese über die vertraglich vereinbarte Bearbeitung des Bauwerksbuches und anderer Dokumentationen für den Bauherrn hinaus systematisch zu dokumentieren und zur Verfügung zu stellen. Der Zugang zu dieser Informationsquelle hängt somit von der Weiterentwicklung der Bauwerksdokumentation, in diesem Fall zum Beispiel der SIB-Bauwerke-Software und der Ausgestaltung zukünftiger Verträge ab. Als weitere mögliche Quelle wurden SiGe-Pläne (Sicherheits- und Gesundheitsschutz) identifiziert. Im Falle von Ingenieurbauwerken, die für das Projekt KartAL IV infrage kommen, enthalten diese aber nach Einschätzung des Regierungspräsidiums bisher keine verwertbaren Informationen zu Materialmengen oder -arten.

Es kann festgestellt werden, dass neben Bauwerksbüchern weitere Informationsquellen existieren, die im Prinzip eine Ergänzung von Materialangaben durch Informationen zu verbauten Materialmengen erlauben.

3.6.4.2.4 Verfügbare Zusatzinformationen bei Bauleitung und Bauunternehmen

Bei einem Interview mit dem Bauleiter einer Neubaumaßnahme für ein Ingenieursbauwerk am 16.08.2019 konnte ein tieferer Einblick in die am Regierungspräsidium verfügbaren Informationen gewonnen werden. Das Interview wurde mit dem Mitarbeiter des Regierungspräsidiums Karlsruhe geführt, der den Neubau einer Überführung über eine Landstraße begleitet. Dieser hat dankenswerterweise die Abläufe und Informationsflüsse beschrieben und Einblicke in die Dokumentationen gewährt. Ausgewählte Dokumente wurden für eine Nutzung im Projekt freigegeben. Alle Beispiele beziehen sich dabei auf ein ausgewähltes Bauteil, zu sehen in Abbildung 42 (inkl. Ausschreibungstext). Die anhand dieses Beispiels dargestellten Informationen lassen sich auf andere Bauteile übertragen. Auch sind nach Einschätzung des Mitarbeiters des Regierungspräsidiums Karlsruhe die beschriebenen Abläufe auf Baumaßnahmen anderer Regierungspräsidien und Stellen anderer Bundesländer übertragbar.

Abbildung 42 Betrachtetes Bauteil einer Brücke und Ausschreibungstext zu dessen Errichtung



OZ 03.03.0002

Bewehrten Beton einschließlich Schalung nach Unterlagen des AG herstellen. Schalung vorhalten und beseitigen. Bewehrung und Traggerüst der Bemessungsklasse B werden gesondert vergütet.
Bauteil 'Widerlager und Flügel.'
Art der Verwendung = Stahlbeton.
Druckfestigkeitsklasse C30/37.
Expositionsklasse 'XC 4, XF 2, XD 2, WA
Entwicklung der Betonfestigkeit= r<= 0,3 unter sommerlichen Temperaturen,
r<= 0,5 unter winterlichen Bedingungen. '
Sichtflächenschalung '= Einseitig gehobelte Bretter gleichen Querschnitts mit profilierten Seiten (Nut und Feder oder dgl.)
Schalungsverlauf vertikal im Bereich der Widerlagerwände, Schalungsverlauf im Bereich der Flügelaussenseiten parallel zur Gradiente. '

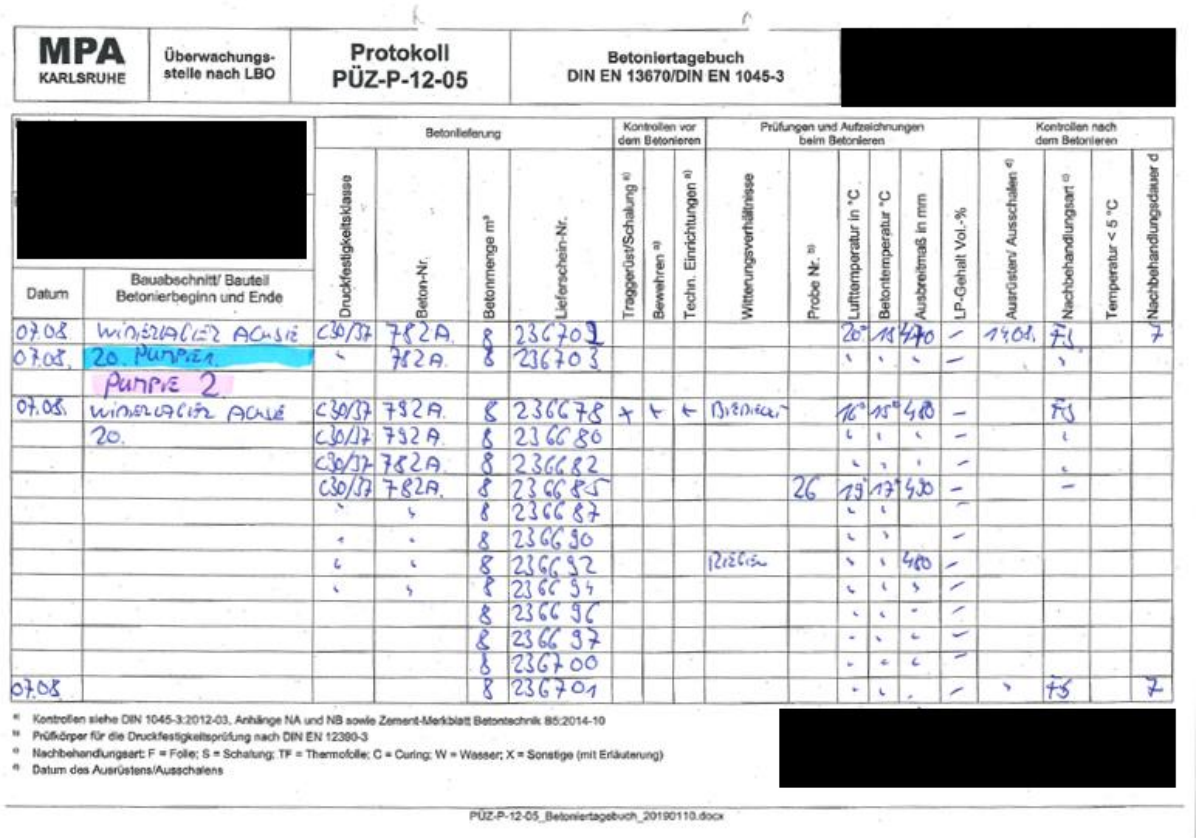
Quelle: Foto von K. Mörmann

Die Analyse verfügbarer Dokumente ergab folgendes Bild: Zumindest was die Hauptbaustoffe angeht, ist die Mengendokumentation in den bei der Bauleitung vorhandenen Informationsquellen ähnlich detailliert wie die Materialinformationen in den Bauwerksbüchern. Allerdings werden die Mengenangaben nicht in den Bauwerksbüchern vermerkt. Die Detailtiefe hängt dabei von der Überwachungsklasse ab, die ihrerseits betonabhängig ist. Mit der Druckfestigkeits- und Expositionsklasse steigt der Überwachungsaufwand von „Augenschein

und stichpunktartige Messungen“ (ÜK1) über „systematische regelmäßige Messungen“ (ÜK2) bis hin zu „detaillierter Überwachung“ (ÜK3) (nach DIN EN 13670/DIN 1045-3). Die Klassengrenzen werden dabei durch die ZTV-ING (BASt 2019) definiert.

Besonders genau ist die Dokumentation bezüglich des Baustoffs Beton: Es wird ein „Betoniertagebuch“ (DIN EN 13670/DIN EN 1045-3) geführt, für das zu jedem Betoniertag eine Bewehrungsabnahme stattfindet, die vom Bauleiter unterschrieben wird und in der die verbaute Menge Beton in m^3 pro Bauteil vermerkt wird. Allerdings wird es vom Bauunternehmen geführt und aufbewahrt, sodass die Informationen bisher nach Abschluss der Baumaßnahme nicht mehr zentral verfügbar sind. Das Beispiel für ein Betoniertagebuch ist in Abbildung 43 zu sehen, in der fünften Spalte sind die Betonmengen in m^3 dokumentiert. Die Gesamtmenge an verbautem Beton für dieses Bauteil lässt sich auf dieser Grundlage als Summe der täglichen Lieferungen ermitteln.

Abbildung 43 Auszug aus dem Betoniertagebuch für das Widerlager



MPA KARLSRUHE

Überwachungs-stelle nach LBO

Protokoll PÜZ-P-12-05

Betoniertagebuch DIN EN 13670/DIN EN 1045-3

[redacted]

Datum	Bauabschnitt/ Bauteil Betonierbeginn und Ende	Betonlieferung: Druckfestigkeitsklasse	Beton-Nr.	Betonmenge m³	Lieferschein-Nr.	Kontrollen vor dem Betonieren: Traggerüst/Schalung a)	Bewehren a)	Techn. Einrichtungen a)	Prüfungen und Aufzeichnungen beim Betonieren: Witterungsverhältnisse	Probe Nr. b)	Lufttemperatur in °C	Betontemperatur °C	Ausbreitmaß in mm	LP-Gehalt Vol.-%	Kontrollen nach dem Betonieren: Ausrüsten/ Ausschalen d)	Nachbehandlungsart c)	Temperatur < 5 °C	Nachbehandlungsdauer d
07.08	WIDERLAGER ACHSE	C30/37	782A	8	236702						20°	11°	470	–	14.08.	F/I		7
07.08.	20. PUMPE 1	"	782A	8	236703						"	"	"	–		"		
	PUMPE 2																	
07.08.	WIDERLAGER ACHSE	C30/37	782A	8	236678	+	+	+	BEDECKT		16°	15°	480	–		F/S		
	20.	C30/37	782A	8	236680						"	"	"	–		"		
		C30/37	782A	8	236682						"	"	"	–		"		
		C30/37	782A	8	236685					26	19°	17°	430	–		–		
		"	"	8	236687						"	"		–				
		"	"	8	236690						"	"		–				
		"	"	8	236692				BEDECKT		"	"	480	–				
		"	"	8	236694						"	"	"	–				
				8	236696						"	"	"	–				
				8	236697						"	"	"	–				
				8	236700						"	"	"	–				
07.08				8	236701						"	"	"	–	"	F/S		7

a) Kontrollen siehe DIN 1045-3:2012-03, Anhänge NA und NB sowie Zement-Merkblatt Betontechnik B5:2014-10
b) Prüfkörper für die Druckfestigkeitsprüfung nach DIN EN 12390-3
c) Nachbehandlungsart: F = Folie; S = Schalung; TF = Thermofolie; C = Curing; W = Wasser; X = Sonstige (mit Erläuterung)
d) Datum des Ausrüstens/Ausschalens

[redacted]

PÜZ-P-12-05_Betoniertagebuch_20190110.docx

Quelle: Regierungspräsidium Karlsruhe

Das Bauunternehmen fertigt außerdem Probewürfel von den Betonlieferungen an (und auch der Lieferant) und lässt diese von einer Materialprüfungsanstalt kontrollieren. Ein Beispiel für einen Prüfbericht zeigt Abbildung 44. Mit dem Auszug wird verdeutlicht, dass hier die Angaben zur exakten Rezeptur bis hin zu verwendeten Zusatzmitteln und der Zementart vorliegen.

Abbildung 44 Beispiel für Betonprüfbericht - Auszug

BTF Betonprüftechnik

WPK Prüfstelle / Ständige Prüfstelle

Betonzusammensetzung **Abrufnummer: 782 A** **Beton-Nr. 782 A**

C30/37 F3 D_{max} 22 Stahlbeton(Cl 0,4) Beton nach Eigenschaften 01.03.2019

Expositionsklasse(n): XC4 Bewehrungskorrosion/Karbonatisierung: wechselnd naß und trocken XD2 Bewehrungskorrosion/Chloride: naß selten trocken XF3,XF2 Betonkorrosion durch Frostangriff mit und ohne Taumittel XA2 Betonkorrosion/Chemischer Angriff: chemisch mäßiger Angriff XM1 Betonkorrosion/Verschleißbeanspruchung: mäßiger Verschleiß	Festigkeitsentwicklung: mittel Feuchtigkeitsklasse: WA Überwachungsklasse: 2 Festigkeitsnachweis nach 28 Tagen
Ausbreit-/Verdichtungsmaß: 420-480 mm Mindestzementgehalt: 320 kg/m³ max w/z: 0,50 **Art der Verwendung gegebenfalls zusätzliche Anforderungen**	Zieldruckfestigkeit fcta: 44 N/mm² Porengehalt : 1,3 Vol. %
CEM II/A-LL 42,5 N Heidelberger Cement 350 kg/m³ Dichte: 3,00 g/cm³ BV/FM Master Glenium SKY 617 0,70% v.Z. Dichte: 1,04 g/cm³	**Sieblinie** Nummer: 22RS100% Körnungsziffer: 4,23 <0,125mm: 1,4% <2mm: 37,1%

w/z= **0,48** Gesamtwassergehalt **168** kg Zementgehalt **350** kg

Stoffraum	dm³/m³	Mehlkorngehalt	kg/m³	Mehlkorn+Feinstsand	kg/m³	Mörtelgehalt	dm³/m³
Zement	117	Zement	350	Zement	350	Zement	117
Wasser	166	Gestein < 0,125mm	26	Gestein<0,25mm	166	Wasser	166
Porengehalt	13					Porengehalt	13
				Feststoff Restw.	4	Feststoff Restw.	2
Gestein	702					Gestein < 2mm	260
Summe:	1000	Summe:	376	Summe:	520	Summe:	560

Art der Gesteinskörnung		Rohdichte kg/dm³	Anteil %	Stoffraum dm³/m³	trocken kg/m³	Feuchte %	Feuchte kg/m³	feucht kg/m³
0/ 2	Rheinsand	2,60	37	258	670	6,0	40	710
2/ 8	Muschelkalksplitt	2,70	17	119	322	2,5	8	330
8/16	Muschelkalksplitt	2,70	26	183	493	1,0	5	498
16/22	Muschelkalksplitt	2,70	20	140	379	1,5	6	385
Restwasserdosierung 113,00l Dichte: 1,02 kg/dm³				Summe	1864		59	1923
				Zugabewasser				109
				Wassermehrbedarf**	4			4
				Wassergehalt	168			
Zusatzmittel:	BV/FM	2,450 kg	2,356 dm³	Zementgehalt	350			350
				Frischbetongewicht	**2386**			**2386**

** zum Ausgleich des Feststoffgehaltes

Quelle: Regierungspräsidium Karlsruhe

In der Dokumentation des Regierungspräsidiums werden Lieferscheine aufbewahrt, aus denen u. a. die gelieferten Mengen an Bewehrungsstahl hervorgehen. Ebenso lassen sich aus den Ausführungsunterlagen (Schalungs- und Bewehrungspläne) die Stahlmenge entnehmen und die Betonmenge ermitteln.

Die aus Sicht des Projekts KartAL IV interessanteste Informationsquelle dürften aber die Abrechnungen darstellen. Diese werden dauerhaft am Regierungspräsidium aufbewahrt und enthalten Angaben zur Menge an Hauptbaustoffen. Alternativ lassen sich diese aus den Aufmaßen ermitteln. Liegt die Abrechnung als PDF vor, wäre sogar das teilautomatisierte Auslesen der Daten vorstellbar. Ein Beispiel für eine Mengenberechnung auf Grundlage der Abrechnung findet sich in Abbildung 45. Die Summe des Betongehalts des Bauwerks ist dabei detailliert aufgeschlüsselt.

Abbildung 45 Mengenberechnung - Auszug

Regierungspräsidium Karlsruhe [redacted]

[redacted]

Mit RE-Menge

Sortiert nach OZ

K Erläuterung	Faktor	FN	Rechenansatz	H Z P	Ergebnis	Adresse
03.01.0008,	**Verfüll. v. Bohrlöchern und Hohlr.**					**t**
TB	2,300	91	24=		55,200	71 D0
KI	2,281	91	2,50=		5,703	72 A0
KI	2,281	91	7*8,00+4,50+5,50=		150,546	73 A0
KI	2,281	91	3,00=		6,843	105 A0
03.01.0008,				**Zuwachs**	**346,028**	
				Vortrag	**0,000**	
				Gesamtmenge	**346,028**	
03.02.0001,	**Beton f. Sauberkeitsschicht herst..**					**m2**
KI		91	(12,168+0,30*2)*(3,207+0,30*2)=		48,608	107 A0
KI		91	(6,572+0,30)*(3,575+0,30*2)=		28,691	107 B0
KI		91	(5,043+0,30)*(3,755+0,30*2)=		23,269	107 C0
KI		91	12,842*4,376=		56,197	123 A0
KI		91	(4,215+3,144)/2*4,175=		15,362	123 B0
KI		91	7,958*4,175=		33,225	123 C0
03.02.0001,				**Zuwachs**	**205,352**	
				Vortrag	**0,000**	
				Gesamtmenge	**205,352**	
03.03.0001.	**Bew. Beton einschl. Schalung hers..**					**m3**
KI		91	9,784*3,575*1,20=		41,973	150 A0
KI		91	8,616*3,575*1,20=		36,963	150 B0
KI		91	5,006*3,405*1,20=		20,455	150 C0
KI		91	11,734*3,575*1,20=		50,339	150 D0
KI		91	6,759*3,575*1,20=		28,996	150 E0
KI		91	5,049*3,405*1,20=		20,630	150 F0
KI		91	0,10*1,775*(11,374+5,50+7,30+8,697)=		5,835	150 G0
KI		91	0,10*1,20*(8,072+8,011)=		1,930	150 H0
03.03.0001,				**Zuwachs**	**207,121**	
				Vortrag	**0,000**	
				Gesamtmenge	**207,121**	

Quelle: Regierungspräsidium Karlsruhe

3.6.4.2.5 Übersicht zu derzeitig verfügbaren Informationen

Tabelle 33 fasst die Verfügbarkeit bestimmter Informationen zur materiellen Zusammensetzung von Ingenieursbauwerken des Regierungspräsidiums sowie deren Recyclingfähigkeit in

verschiedenen Informationsquellen zusammen. Diese sind grundsätzlich vorhanden und könnten genutzt werden, um die bestehende Bauwerksdokumentation von Ingenieurbauten im Bestand und Neubau zu verbessern.

Tabelle 33 Verfügbarkeit bestimmter Informationen in verschiedenen Quellen

Informationsbedarf: / Quelle:	Brückenbuch (alt)	Brückenbuch (neu)	Bauleitung (Abrechnung, Lieferscheine)	Bauunternehmen	Baustofflieferant	Produkthersteller	Derzeit insgesamt verfügbar
Materialarten	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Materialmengen			✓	✓			✓
Materialqualitäten	✓	✓	✓			✓	✓
Rohstoffmengen					✓	(✓)	(✓)
Austauschzeitpunkte							
Schadstoffbelastung						✓	✓
Verunreinigungsgrad bei Rückbau							
Kontaminationen aus Betrieb, Wartung oder Nutzung							
Art der Verbindung der Schichten	✓	✓					✓
Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit							
Recyclingwahrscheinlichkeiten							

Quelle: eigene Darstellung

3.6.4.3 Zusammenfassung der Ausgangssituation im Regierungspräsidium

Es wird deutlich, dass benötigte Informationen bis auf Ausnahmen grundsätzlich vorhanden sind. Sie können genutzt werden, um die Bauwerksdokumentation von Ingenieurbauwerken zu ergänzen und zu erweitern. Es wird empfohlen, mögliche Kontaminationen aus Betrieb und Nutzung künftig zusätzlich zu erfassen. Wie bereits dargestellt ist ein Treiber zur Weiterentwicklung von Bauwerksdokumentationen das Ziel einer besseren Erfassung und Beeinflussung von Risiken für die lokale Umwelt, soweit diese von den Oberflächen der Ingenieurbauwerke ausgehen, die in Kontakt mit Außenluft, Boden, Grund- und Oberflächenwasser stehen. Dies ist bei Ingenieurbauwerken grundsätzlich gegeben. Bisher nicht bearbeitete Fragen zur Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit sowie zur Recyclingwahrscheinlichkeit werden dann an Bedeutung gewinnen, wenn internationale (ISO TC 59 SC17) und europäische (CEN TC 350) Normungsaktivitäten weiter vorangeschritten sind. Einen Rahmen hierfür liefert ISO 21931-2:2019 Sustainability in buildings and civil engineering works – Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment – Part 2: Civil engineering works.

3.6.4.4 Erprobung durch Testanwendung für ein Brückenbauwerk

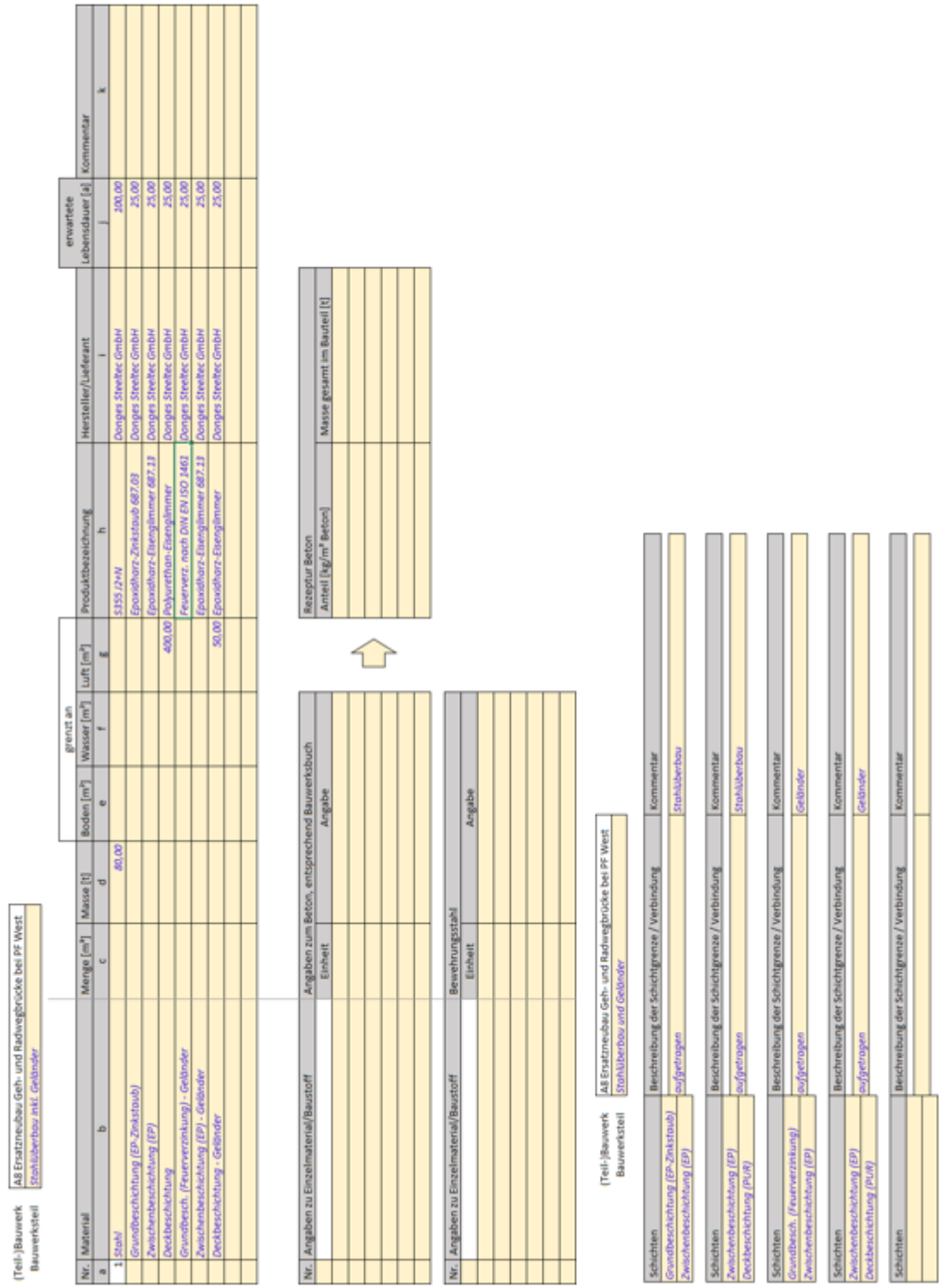
Das Regierungspräsidium Karlsruhe hat bei der Ausschreibung eines neu zu errichtenden Brückenbauwerks eine erweiterte Dokumentation der materiellen Zusammensetzung gemäß der Anforderungen, die im Projekt KartAL IV erarbeitet werden, durch das ausführende Bauunternehmen vorgegeben und unterstützte so aktiv die Erprobung von Ansätzen für bauwerksspezifische Materialinventare im Anwendungsfall von Ingenieurbauwerken.

Von den Bearbeitern dieses Projekts wurde zunächst eine Vorlage für ein Materialinventar in der Element-Version in MS Excel erstellt und dem Regierungspräsidium übergeben. Das Regierungspräsidium hat auf dieser Basis das ausführende Bauunternehmen mit der Erstellung

eines Materialinventars beauftragt. Die Vorlage für das Materialinventar von Ingenieurbauwerken ist im Anhang A.3.1 hinterlegt. Die Erstellung des Materialinventars durch den zuständigen Bearbeiter im ausführenden Bauunternehmen erfolgte kurzfristig. Ein Auszug aus diesem Materialinventar ist in Abbildung 46 dargestellt, das vollständige Dokument in Anhang A.3.2.

Abbildung 46 Dokumentation der Schichten und Schichtgrenzen von Bauteil 3

Stahlüberbau inkl. Geländer



Quelle: Vorlage KIT; Dokumentation durch den Mitarbeiter des Bauunternehmens

Die Nutzung einer EXCEL-Arbeitshilfe zur Erstellung eines Materialinventars in der Element-Version ist nur ein Zwischenschritt im Rahmen des Projekts. Üblicherweise werden Brückenbücher unter Anwendung einer speziellen Software erstellt. Es handelt sich hier um die SIB-Bauwerke-Software. Diese wird von Bauunternehmen, bzw. Dienstleistern in deren Auftrag, zur Erstellung von Bauwerksbüchern genutzt. Öffentliche Auftraggeber, wie beispielsweise das Regierungspräsidium Karlsruhe, verpflichten die Bauunternehmen in ihren Ausschreibungen zur Erstellung der Bauwerksdokumentation unter Nutzung der SIB-Bauwerke-Software.

Im Rahmen des Projekts wurde diese Software als wichtiger Ansatzpunkt identifiziert, um die Bauwerksdokumentation im Bereich der Ingenieursbauwerke zu ergänzen. Derzeit erfolgt eine Weiterentwicklung des Programms durch die Fachgruppe „ASB-Ing neu“ im Fachreferat StB 17 des BMVI. Beteiligt sind BMVI, BASt, BMVg, WSV und alle Bundesländer (vgl. ITKo (o.J.)). Aus Sicht der Projektbearbeiter wurde u. a. vorgeschlagen, künftig zusätzlich eine Eingabe von Mengenangaben zu ermöglichen. Auf dieser Basis könnten Bauunternehmen mit geringem Mehraufwand beauftragt werden, ihre Objektdokumentation um Mengenangaben der einzelnen Baustoffe für jedes Bauteil zu ergänzen. Auf diese Weise könnten sehr detaillierte Materialauszüge als Bestandteil von Bauwerksbüchern erstellt werden, die in den Regierungspräsidien verwaltet, aktualisiert und dauerhaft vorgehalten werden.

Auf Basis einer Analyse von Forschungsprojekten des zuständigen Ministeriums konnte festgestellt werden, dass künftig ein besonderer Informationsbedarf hinsichtlich der Art von Materialien im Kontakt mit Außenluft, Oberflächenwasser, Grundwasser und Boden besteht. Hiermit könnten Überlegungen des BMVI, stärker als bisher mögliche Wirkungen auf die lokale Umwelt, die von Materialoberflächen in Kontakt mit Luft, Wasser und Boden ausgehen, in planerische Überlegungen einzubeziehen, entsprochen werden (vgl. Bundesanstalt für Gewässerkunde (2020)). Hierzu arbeiten die Bundesanstalten für Gewässerkunde, Straßenwesen, Wasserbau, Seeschifffahrt und Hydrographie sowie das Eisenbahn-Bundesamt im Projekt „Bau- und bauwerksbedingte Emissionen/Immissionen in Wasser und Boden (BAU-WB)“ zusammen an der Erstellung einer webbasierten Rechercheplattform, die Informationen über mögliche Umweltrisiken aus bauwerksbedingten Emissionen und Immissionen, Expositions- und Freisetzungsszenarien sowie stoffspezifischen Ausbreitungspotenzialen bereitstellen soll.

3.6.4.5 Zusammenfassung der Erprobung am Ingenieurbauwerk und Ausblick

Die Ergebnisse zu Stand und Entwicklungsmöglichkeiten von Bauwerksbüchern sowie einer Erprobung eines Materialinventars in der Element-Version an einem konkreten Brückenbauvorhaben können wie folgt zusammengefasst werden:

- Eine Erweiterung des Inhalts von Brückenbüchern in Richtung eines Materialinventars in der Element-Version ist möglich und verursacht bei einer ausführungsbegleitenden Erstellung kaum Mehraufwand.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Implementierung des Materialinventars in die verwendete SIB-Bauwerke-Software der Mehraufwand nochmals sinkt, im Gegensatz zur Nutzung einer nur zu Testzwecken erstellten Excel-Vorlage, die unabhängig von der etablierten Bauwerksdokumentation angewandt wurde.
- Es kann ebenfalls davon ausgegangen werden, dass der Mehraufwand wiederum sinkt, wenn die Erstellung eines bauwerksspezifischen Materialinventars durch eine nochmals erweiterte Software unterstützt wird.

Im Bereich der Ingenieurbauwerke sind aus Sicht der Bearbeiter dieses Berichts gute Voraussetzungen dafür gegeben, dass in Fortsetzung des Ansatzes von Bauwerksbüchern künftig bauwerksspezifische Materialinventare von Bauherren der Öffentlichen Hand verpflichtend eingefordert werden. Die geplante Einrichtung einer Bundesgesellschaft für Bundesautobahnen ab 2021 wird im Bereich dieser Bauwerksart den Prozess ggf. unterstützen können, um entsprechende Initiativen zu bündeln und voranzutreiben. (vgl. hierzu BMVI 2020)

Perspektivisch kann die Erstellung von Bauwerksbüchern unter Nutzung von BIM erfolgen. Der „Stufenplan Digitales Planen und Bauen – Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (Bramann und May 2015) ist ein Modell, das zeigen soll, wie digitales Planen, Bauen und Betreiben von Auftraggebern und Auftragnehmern implementiert werden kann. Das Ziel des Stufenplans ist dabei letztlich die sukzessive Einführung von Building Information Modeling (BIM) im Zuständigkeitsbereich des BMVI. Der Stufenplan zielt in erster Linie auf den Infrastrukturbau und infrastrukturbezogenen Hochbau ab, soll aber auch in anderen Bereichen zu Anwendung kommen können.

Die Ziele der Anwendung von BIM sind dabei:

(3.1) Eine Erhöhung von Planungsgenauigkeit und Kostensicherheit,

(3.2) Die Optimierung der Kosten im Lebenszyklus: „Der Bauherr bzw. Betreiber erhält als Grundlage für den Betrieb des Bauwerks das digitale Modell. Damit wird der sonst übliche Wissensverlust beim Übergang vom Bauen zum Betreiben vermieden: Das Modell enthält insbesondere Informationen über jedes einzelne Bauteil – z. B. Material, Hersteller, Kosten, Position im Bauwerk, Lebensdauer, Instandhaltungszyklen – und ermöglicht so unter anderem die gemeinsame Optimierung von Instandhaltungs- und Ersatzinvestitionen. Außerdem macht das Modell die Simulation von technischen Anlagen möglich und unterstützt damit auch die energetische Optimierung von technischen Anlagen (z. B. Tunnellüftung und -beleuchtung).“

(3.3) und die Umsetzung der Kernempfehlungen der Reformkommission, wie die Definition des Leistungsniveaus 1 für die Vergabe: „Die angeforderten Daten sollten nicht nur die geometrischen Maße, sondern auch weitere […] relevante Bauwerks- bzw. Bauteilattribute wie eingesetzte Baustoffe mitsamt deren Eigenschaften (z. B. Wärmedurchlässigkeit, Schallschutzeigenschaften oder den ökologischen Fußabdruck) umfassen.“

Die Thematik des Einsatzes von BIM wird auch im folgenden Abschnitt 3.7.2 behandelt.

3.7 Ergebnisse eines Austauschs mit weiteren Praxisvertretern

3.7.1 Architekturbüro in Karlsruhe

Stellvertretend für die Gruppe der Planerinnen und Planer von Hochbauten wurde ein Gespräch mit der Inhaberin/Mitarbeiterin eines Architekturbüros in Karlsruhe geführt. Ziel war es, Art und Umfang der Auseinandersetzung mit Materialauszügen zu analysieren, mehr über den Stand der Anwendung von BIM in Architekturbüros kleiner und mittlerer Größe zu erfahren sowie Möglichkeiten des Etablierens einer Erstellung von Materialinventaren als Planungsleistung zu diskutieren.

Im konkreten Fall lagen langjährige Erfahrungen mit der Erstellung von Materialauszügen vor, die sich jedoch i. d. R. auf eine Zusammenstellung verbauter Materialien konzentrierten. Dies erfolgte i. d. R. als Leistung aus eigenem Antrieb ohne speziellen Auftrag durch Bauherrn. Es wurde eingeschätzt, dass die Nachfrage nach Materialauszügen bei Bauherrn als ebenso gering beurteilt werden kann wie die durchschnittliche Bereitschaft von Planerinnen und Planern,

diese Leistung aktiv anzubieten. Im konkreten Büro gelangten zur Erstellung von Materialauszügen Werkzeuge des Building Information Modeling (BIM) zum Einsatz, die bisher für diesen Zweck noch nicht vollständig ausgereift sind – siehe dazu auch Abschnitt 3.7.2. Einen Überblick zum Stand des generellen Einsatzes von BIM liefert Reiß 2018.

Aus Anlass des Arbeitsgesprächs wurden die in der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure beschriebenen Leistungsbilder analysiert, ob und inwieweit sie Hinweise auf die Erstellung von Materialauszügen im Rahmen einer Objektdokumentation enthalten. Die Grundlage bildete die HOAI in der Fassung vom 10.07.2013.

3.7.1.1 Bauwerksdokumentation nach Leistungsphase 8 der HOAI

Nach Paragraph 34 („Leistungsbild Gebäude und Innenräume“) der aktuellen Fassung der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) betrifft die Leistungsphase 8 die „Objektüberwachung – Bauüberwachung und Dokumentation“.

Hier bieten folgende Grundleistungen direkte und indirekte Bezüge zur Dokumentation verbauter Materialien

- „Überwachen der Ausführung des Objektes auf Übereinstimmung mit der öffentlich-rechtlichen Genehmigung oder Zustimmung, den Verträgen mit ausführenden Unternehmen, den Ausführungsunterlagen, den einschlägigen Vorschriften sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik
- Gemeinsames Aufmaß mit den ausführenden Unternehmen
- Systematische Zusammenstellung der Dokumentation, zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts

Die gesondert zu vergütenden Sonderleistungen der Leistungsphase 8 im Leistungsbild Gebäude und Innenräume weisen keine Bezüge zu Materialinventaren auf. Sie bieten jedoch die Möglichkeit, derartige Leistungen hier zu etablieren.

- „Aufstellen, Überwachen und Fortschreiben eines Zahlungsplanes

Aus Sicht des Projekts KartAL IV – und hier insbesondere des Projektteils, der sich mit Materialinventaren auf der Einzelbauwerksebene beschäftigt – ist in Leistungsphase 8 der HOAI insbesondere die „Systematische Zusammenstellung der Dokumentation, zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts“ relevant.

3.7.1.2 Bauwerksdokumentation nach Leistungsphase 9 der HOAI

Auch in Leistungsphase 9 („Objektbetreuung“) lassen sich Bezüge zur Dokumentation der materiellen Zusammensetzung von Bauwerken herstellen. Im Gegensatz zur LP 8 finden sich die relevanten Leistungspositionen allerdings nicht in den Grundleistungen, sondern bei den besonderen Leistungen.

Diese lauten in Bezug auf eine Beschreibung verbauter Materialien:

- Erstellen einer Gebäudebestandsdokumentation
- Aufstellen von Ausrüstungs- und Inventarverzeichnissen
- Erstellen von Wartungs- und Pflegeanweisungen

- Erstellen eines Instandhaltungskonzepts

Für Gebäude des Bundes existiert eine baufachliche Richtlinie für eine digitale Gebäudebestandsdokumentation – siehe dazu auch Abschnitt 3.2.7. Enthalten sind Anforderungen an die Beschreibung verbauter Arten und Mengen von Materialien sowie Hinweise auf einen Gebäudepass gemäß Vorgaben des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bundes.

3.7.2 VDI Koordinierungskreis BIM

Mit Vertretern des beim VDI bestehenden Koordinierungskreises BIM wurden Fragen zum aktuellen Stand der Entwicklung und Anwendung von BIM sowie insbesondere zu Möglichkeiten einer Unterstützung der Erstellung von Materialauszügen diskutiert.

Building Information Modeling bezeichnet die vernetzte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken mithilfe von Software, wobei alle relevanten Bauwerksdaten digital erfasst, modelliert und kombiniert werden. BIM findet sowohl zur Bauplanung und Bauausführung als auch im Facility-Management Anwendung. Für das Projekt KartAL IV ist BIM insofern von Interesse, da die Möglichkeit der automatisierten Erstellung von Materialinventaren in der Bauplanung und Bauausführung mit BIM naheliegend erscheint. Damit würde der Bearbeitungsaufwand deutlich sinken. Je breiter BIM zur Anwendung kommt, umso mehr Gebäude würden dann mit Materialinventaren dokumentiert werden können, soweit dies beauftragt oder als freiwillige Leistung erbracht würde.

Im Ergebnis von Arbeitsgesprächen kann festgestellt werden, dass (1) BIM grundsätzlich geeignet ist, um Mengenermittlungen und Materialauszüge zu erstellen, (2) unterschiedliche Softwareanbieter hierfür bereits Lösungen anbieten, (3) diese Lösungen keiner einheitlichen Systematik folgen, (4) ein Bedarf an der Formulierung von Anforderungen an BIM-Lösungen besteht, welche die gewünschte Art und Darstellungsweise für Mengenermittlungen und Materialauszüge beschreiben und (5) im Bereich BIM eine entsprechende allgemeine Grundlage und Systematik für Mengenermittlungen und Materialauszüge noch zu erarbeiten ist.

Die mit (5) erwähnten Anstrengungen zur Erarbeitung einheitlicher Grundlagen führen bereits zu Normungsaktivitäten. Die Arbeiten an der Richtlinienreihe VDI 2552 "Building Information Modeling (BIM)" sollen einen Beitrag zu auch internationalen Standardisierungsaktivitäten leisten. Aus Sicht des Projektes KartAL IV ist insbesondere das bereits vorliegende Blatt 3 der Reihe relevant, da es hier um die Ermittlung von Qualitäten und Mengen geht. (vgl. VDI 2018)

Weitere Hinweise zum Stand der Diskussion und zu entsprechenden Ansätzen können folgenden Quellen wie Zima 2017, Banteli und Stevenson 2017, Mukkavaara et al. 2018 und Kovacic et al. 2018 entnommen werden.

BIM-Anwendungen werden inzwischen bereits den Leistungsphasen der HOAI zugeordnet. Hier wird die modellgestützte Mengen- und Massenermittlung (ID 5.1) in den Leistungsphasen (2), 3 und 5 verortet. Dies könnte eine Vorstufe zur automatisierten Erstellung von Materialauszügen bereits während der Planung bei der Anwendung von BIM darstellen. Von besonderer Bedeutung ist die eines „as build“-Gebäudemodells in Leistungsphase 8, das die Basis für eine detaillierte Beschreibung verbauter Materialien beinhalten kann und die Basis für eine fortschreibbare Objektdokumentation liefert. Es wird empfohlen, diesen Ansatz weiter zu verfolgen und aktiv mit Vorschlägen zu Art, Umfang und Darstellung entsprechender Informationen zu unterstützen.

Abbildung 47 Zuordnung BIM-Anwendung je HOAI-Leistungsphase

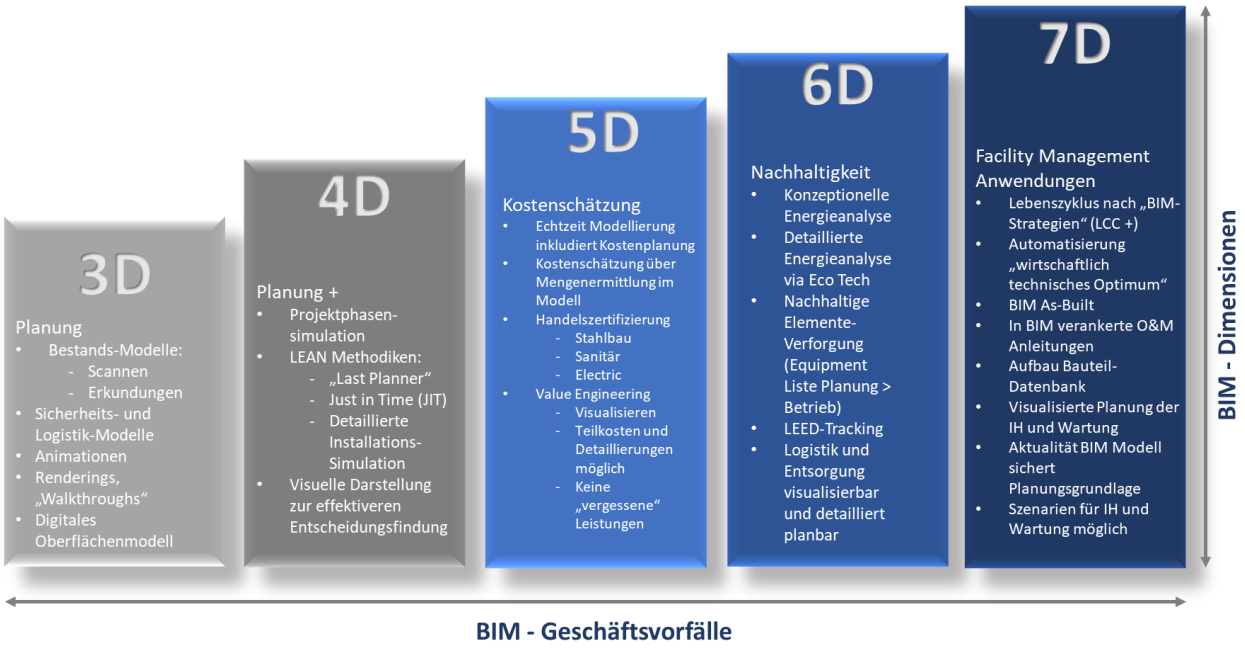
ID	Potenzielle BIM-Anwendung je HOAI-Leistungsphase	LPH 1	LPH 2	LPH 3	LPH 4	LPH 5	LPH 6	LPH 7	LPH 8
1.1	Bereitstellung des Modells für den Bauherrn und alle Projektbeteiligte in einem Viewer		X	X		X	X		X
1.2	Erzeugen von Renderings für das Marketing		X	X		X	X		
2.1	Regelmäßige Planableitung aus den BIM-Modellen		X	X		X	X		X
2.2	Nutzung einer BIM-konformen Kollaborationsplattform		X	X		X	X		X
3.1	Kollaborative Zusammenarbeit der Planer am Modell		X	X		X	X		X
3.2	Fachmodellbasiertes Arbeiten der Planer		X	X		X	X		X
3.3	Erstellung eines Koordinationsmodells		X	X		X			X
3.4	Periodisches Pflegen des Koordinationsmodells		X	X		X			X
4.1	Leistungsphasenadäquate Kollisionskontrolle inkl. qualitativer Modellvorprüfung		X	X		X			X
4.2	Periodisches Pflegen der Fachmodelle auf Basis der Arbeitsaufträge der Kollisionsprüfung		X	X		X			X
5.1	Modellgestützte Mengen- und Massenermittlung		(X)	X		X			
5.2	Attribuierung der Fachmodelle mit Bauphasen bzw. Verlinkung mit Grobterminplan in 4D-Software. Plausibilisierung der 4D-Planung über Filter in BIM- oder in 4D-Software					X			X
6.1	Attribuierung der Fachmodelle mit Kosten bzw. Verlinkung von Kosten mit Grobterminplan in 5D-Software. Plausibilisierung der 5D-Planung über Filter in BIM- oder in 5D-Software			X		X			X
7.1	Bereitstellen des Planungsmodells für einen Generalunternehmer			X		X			
8.1	Herleiten und Einpflegen einer FM-Attribuierung in das Modell					X			X
8.2	Herleiten und Erstellen eines „as-built"-Modells					X			X

Quelle: Helmus et al. 2018, S. 20

Allgemeine Hinweise zur Nutzung von BIM lassen sich aus den einzelnen Ausprägungsarten ableiten, die in Abbildung 48 vorgestellt werden. In der Version 5D wird u. a. die Ermittlung der Baukosten unterstützt. Soweit hierbei die Element-Methode für die Kostenermittlung eingesetzt wird, lässt sich diese bereits mit der Erstellung von Materialinventaren verknüpfen. In der Version 6D wird BIM für die Nachhaltigkeitsbewertung eingesetzt. BIM ist bereits seit längerer Zeit in der Lage, die Erstellung von Ökobilanzen zu unterstützen (vgl. hierzu Najjar et al. 2017, Kylili et al. 2015 sowie Obrecht et al. 2020). Mit einer stärken Integration der Erfassung und Beurteilung der Inanspruchnahme von Primärrohstoffen und des Beitrags zur Verknappung von Ressourcen in die Nachhaltigkeitsbewertung wird es auch zu einer wachsenden Nachfrage nach Materialinventaren kommen, deren Erstellung von BIM unterstützt wird. Voraussetzungen sind u. a. die Klärung methodischer Fragen, die Bereitstellung geeigneter Daten sowie die Vorgabe von Ausgabeformaten. Eine Erstellung von dynamischen Materialinventaren und ihre Fortschreibung im Lebenszyklus des Bauwerks werden aus Sicht der Autoren dieses Beitrags in

der Version 7D möglich. Hier wird mit Bauteil-Datenbanken gearbeitet, ein jeweils aktuelles Gebäudemodell vorgehalten und ein Umgang mit Szenarien für die Instandhaltung unterstützt. Durch eine Verknüpfung mit dem Facility Management besteht die Chance, Veränderungen der stofflichen Zusammensetzung der Bauwerke abzubilden.

Abbildung 48 BIM Dimensionen, Höflich & Maier Consult GmbH 2020



Quelle: Höflich & Maier Consult GmbH 2020

Der Einsatz von BIM erweist sich als ein wesentliches Hilfsmittel für die Erstellung von Materialinventaren – sowohl planungs- und ausführungs- als auch lebenszyklusbegleitend. Damit ist eine Voraussetzung für die weitere Verbreitung und Nutzung erfüllt – die Bereitstellung geeigneter Werkzeuge zu ihrer Erstellung.

3.7.3 Ergebnisse von Arbeitsgesprächen mit Softwareanbietern

Stellvertretend für die Ersteller von komplexen Planungs- und Bewertungshilfsmitteln wurde mit Vertretern der LEGEP Software GmbH diskutiert, ob und inwieweit die Erstellung von Materialinventaren und die Abschätzung des stofflichen Outputs beim Rückbau in existierende Softwarelösungen integriert werden kann. Unter Anwendung der Element-Methode unterstützt LEGEP die Ermittlung der Baukosten und der Lebenszykluskosten, die Erstellung einer Ökobilanz sowie Berechnungen zur Energiebilanz. Ursprünglich auf Leistungspositionen basierend ist die LEGEP-Software in der Lage, auch Angaben zu verbauten Materialarten und -mengen elementbezogen zu verarbeiten. Es ist prinzipiell möglich, element- oder gebäudebezogene Materialinventare in der Basisversion bzw. in der Element-Variante zu erzeugen und – je nach Fragestellung – gezielte Auswertungen durchzuführen. Abbildung 49 zeigt die Erfassung und Auswertung verbauter Materialien. Möglich sind weiterhin verschiedene Analysemöglichkeiten und Darstellungsformen zur Auswertung von Art und Menge verbauter Materialien sowie eine Prognose der beim Rückbau anfallenden Massen mit einer groben Zuordnung zu Aufbereitungs- und Entsorgungspfaden.

Abbildung 49 Erfassung und Auswertung verbauter Materialien in der LEGEP Software

Text	Menge	Einheit	Masse [kg]	Volumen [m³]
Material			**3.189.850,6**	**2.286,490**
1 Mineralisches Baumaterial (ohne Glas un...			**2.950.724,4**	**1.444,380**
2 Pflanzliches Baumaterial, NAWARO, Prim...			**58.298,1**	**109,213**
2.2 Vollholz			**50.562,0**	**99,854**
2.2.1 Schnittholz, luftgetrocknet			**554,5**	**0,701**
2.2.1.1 Nadelholz (Fichte, Kiefer, Ta...			351,2	0,437
2.2.1.2 Nadelholz (Fichte, Kiefer, Ta...			119,8	0,141
2.2.1.3 Laubholz (Buche, Eiche, Ah...			83,5	0,123
2.2.2 Schnittholz techn. getrocknet			**17.522,3**	**30,093**
2.2.2.1 Nadelschnittholz kammerge...			15.363,7	25,854
2.2.2.9 Nadelschnittholz (Fichte, Ki...			2.158,5	4,238
2.2.4 Brettstapelemente			**28.226,6**	**65,142**
2.2.4.1 Brettstapelelement, genagelt			282,9	0,653
2.2.4.3 Brettstapelelement, gedübelt			27.943,8	64,489
2.2.6 Holz-Unterkonstruktion, Schal...			**4.258,7**	**3,918**
2.2.6.1 Nadelholz, Fichte, Kiefer, Ta...			4.208,8	3,861
2.2.6.2 Nadelschnittholz, Fichte,Kie...			49,8	0,058
2.3 Holzwerkstoffe			**7.736,0**	**9,359**
2.3.3 Sperrholz und Furnierschichtholz			**3.475,6**	**4,254**
2.3.3.1 Sperrholz DIN 68705			775,7	1,008
2.3.3.2 Furnierschichtholz (Parallam)			2.699,9	3,246
2.3.4 Spanplatten			**652,7**	**1,932**
2.3.4.1 Flachpressplatten			**278,0**	**0,467**
2.3.4.1.68761 Flachpressplatte ...			278,0	0,467
2.3.4.4 Röhrenspanplatte			**374,7**	**1,466**
2.3.4.4.1 Röhrenspanplatte			374,7	1,466
2.3.5 Holzfaserplatten			**61,6**	**0,078**
2.3.5.1 Holzfaserplatte (hart)			**61,6**	**0,078**
2.3.5.1.1 Holzfaserplatte (hart)			61,6	0,078
Summe			**3.189.850,6**	
Summe pro m² BGF			**4.164,6**	
Summe pro m² NGF			**4.923,1**	
Summe pro m² WF			**6.324,6**	

Quelle: H. König, LEGEP Software GmbH

LEGEP ist ein Beispiel für Softwarelösungen, die auch ohne Einsatz von BIM die Berücksichtigung des Materialeinsatzes, die Erstellung von Materialinventaren sowie die Bereitstellung von Angaben für den Anfall von Materialien für Aufbereitung und Entsorgung unterstützen können.

3.8 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen zu Materialinventaren

Im Kontext des Gesamtprojekts KartAL IV wurde das Teilziel verfolgt, durch die rationalisierte Erfassung der in Gebäuden und baulichen Anlagen verbauten Materialien Voraussetzungen für die Optimierung des Recyclings zu schaffen und eine Grundlage zur Umsetzung einer nationalen Strategie für den Ausbau des Urban Mining zur Verfügung zu stellen. Hierzu sollten u. a. vorhandene Informationsdefizite und weitere Hemmnisse bei relevanten Akteursgruppen mit Einfluss auf die Auswahl, Nutzung und Aufbereitung von Materialien im Lebenszyklus von Einzelbauwerken identifiziert und Ansätze zu ihrer Überwindung erarbeitet werden. Eine Voraussetzung für den künftigen Erfolg derartiger Ansätze und eine entsprechende Nachfrage war und ist das Identifizieren und Bedienen eines konkreten, ggf. akteursspezifischen Informationsbedarfs im Zusammenhang mit der stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken im engeren (u. a. Art und Menge verbauter Materialien und Recyclingmöglichkeiten) und weiteren (u. a. Hinweise auf Produkt- und Herstellernamen, auf Risiken für Umwelt und Gesundheit) Sinne. Es wurde der Ansatz verfolgt, über die Konzipierung und künftige Nutzung informatorischer Instrumente unter Einbeziehung vorhandener Lösungen und identifizierter Bedürfnisse Einfluss auf den Materialhaushalt von Einzelbauwerken zu nehmen. Das hierfür gewählte Instrument ist ein bauwerksspezifisches Materialinventar.

Um den herausgearbeiteten Informationsbedürfnissen gerecht zu werden, wurden Ansätze für Materialinventare in drei Ausprägungsformen entwickelt und erprobt: (1) Die Basisvariante dient Dokumentationszwecken im Sinne einer Zusammenstellung verbauter Materialien (und ggf. auch Bauteile), die bereits anschlussfähig ist an regionale Materialkataster. (2) Die Element-Version kann eine deutlich erweiterte Palette von Informationen – wie Produkt- und Herstellerangaben – erfassen und ist besser geeignet, den spezifischen Informationsbedürfnissen unterschiedlicher Akteursgruppen zu dienen. (3) Mit dem dynamischen Materialinventar wird ein lebenszyklusbezogener Ansatz verfolgt, der bereits in der Planung eine Prognose und Analyse von ein- und ausgehenden Materialflüssen unterstützt.

Alle Formen werden in der Planung erstellt. Es ist möglich, sie im Verlauf der Nutzung des Gebäudes zu aktualisieren und zu ergänzen und sie so als Grundlage einer Modernisierungs-, Umbau- oder Rückbauplanung zu verwenden. Nach aktueller Einschätzung ist das aktive Fortschreiben der Materialinventare wenig realistisch. Hierfür reichen die Anreize nicht aus. Akteure, die mit Rückbauplanung, Rückbau und Aufbereitung befasst sind, haben nach eigenen Aussagen ein Interesse an Informationen, die zum Zeitpunkt der Maßnahme aktuell und zuverlässig sind und ohnehin nochmals vor Ort überprüft werden. Damit muss geprüft werden, ob sich die primären Projektziele – die Unterstützung von späteren Wiederverwendungs- oder Recyclingprozessen im Rahmen von Ersatzmaßnahmen oder dem späteren Rückbau – mit einem bauwerksspezifischen Materialinventar erreichen lassen. Aus Sicht der Bearbeiter dieses Projektes ist dieses gegeben durch

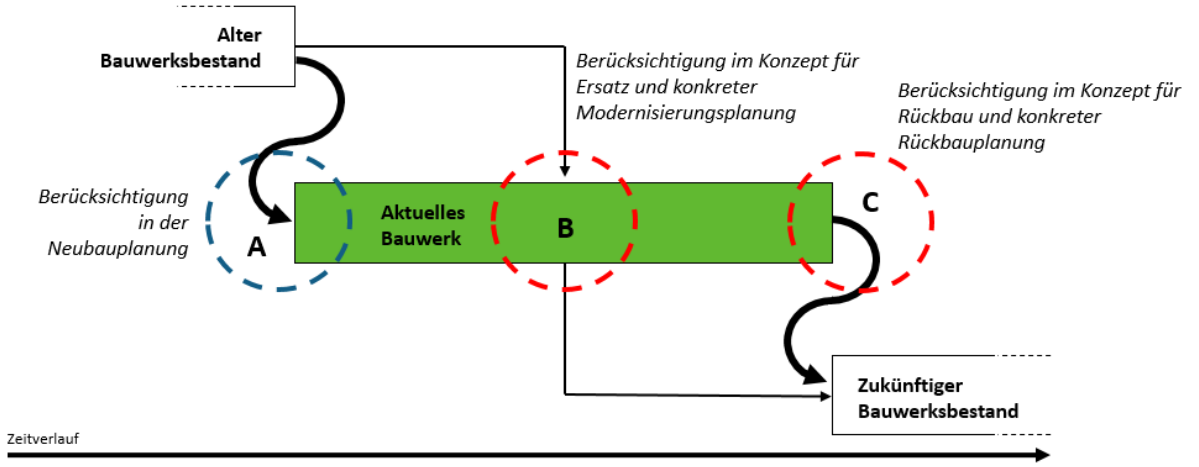
- die bewusstere Auswahl von Materialien/Produkten im Planungsprozess im Hinblick auf Verfügbarkeit, Dauerhaftigkeit, Aufwand an Energie und bei der Herstellung entstehende Emissionen (allgemein)
- die bewusstere Auseinandersetzung mit Fragen von Verbindungen und ihrer Trennbarkeit (in der Element-Version)

Rückschlüsse auf ein durch eine geeignete Planung erschließbares Recyclingpotenzial lassen sich vorzugsweise über die Ermittlung und Beurteilung des Moduls D in der bauwerksspezifischen Ökobilanz ausweisen. Aus Sicht der Bearbeiter tritt ein Wandel/eine Erweiterung bei der Beurteilung der Rolle von Materialinventaren ein. Sie werden von den Autoren dieses Berichts nun überwiegend bzw. zusätzlich gesehen als

- Grundlage oder Nebenprodukt einer Ökobilanz in der Planungsphase
- Grundlage für eine Rückverfolgung des Materialeinsatzes bis zu den in Anspruch genommenen Primärrohstoffen
- Grundlage zur Deckung Informationsbedürfnisse Dritter, die im engeren oder weiteren Sinne mit den verbauten Materialen im Zusammenhang stehen.

Damit kann die Erstellung von Materialinventaren – ggf. stärker als bisher angenommen – aktuelle Planungsentscheidungen ebenso beeinflussen wie spätere Recyclingprozesse. Gestärkt wird die Bewertung von Ressourceneffizienz und Rohstoffinanspruchnahme in der Planung. Dies stellt einen wichtigen Beitrag im Bereich des Schutzziels Ressourcenschonung dar. Abbildung 50 illustriert die Möglichkeiten einer Einflussnahme auf die Inanspruchnahme von Primärrohstoffen.

Abbildung 50 Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Inanspruchnahme von Ressourcen



Quelle: in Anlehnung an Lützkendorf 2019, S. 26

Legende:

Fall A: Neubauplanung und Errichtung: Im Sinne einer Planungsentscheidung bei der Materialauswahl können Produkte bevorzugt werden, die überwiegend aus Sekundärrohstoffen hergestellt wurden oder bei denen es sich um wiederverwendete Bauteile handelt. Dies verringert die Inanspruchnahme primärer Rohstoffe zum Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes.

Fall B: Bereits in der Planung von Ersatzmaßnahmen kann vorgegeben werden, dass nur Produkte einzusetzen sind, die überwiegend aus Sekundärrohstoffen hergestellt wurden oder bei denen es sich um wiederverwendete Bauteile handelt. Zu ersetzende Bauteile müssen insbesondere rückbaufreundlich geplant werden. Der Effekt einer Verringerung der Inanspruchnahme primärer Rohstoffe tritt erst zum Zeitpunkt der Ersatzmaßnahme ein. Gleiches trifft zu auf Effekte im Zusammenhang mit selektivem Rückbau und Verwertung.

Fall C: Bereits in der Planung kann darauf geachtet werden, dass das komplette Gebäude rückbaufreundlich konzipiert wurde und eine möglichst umfangreiche Verwertung beim Rückbau unterstützt wird. Dies führt zum Recyclingpotenzial. Tatsächliche Effekte treten erst nach dem Rückbau auf, wenn gewonnene Sekundärrohstoffe den Einsatz an primären Rohstoffen verringern.

Damit stellt sich die künftig stärker zu beachtende Frage: Wie können in der Planung, Nutzung und bei Rückbau und Aufbereitung Primärrohstoffe durch das Schließen und Verlangsamen von Stoffkreisläufen geschont werden? Die Bereitstellung und Nutzung von Sekundstoffen sowie das Verlangsamen von Stoffkreisläufen schont nicht nur die Vorräte bzw. Regenerationsmöglichkeiten an Primärrohstoffen, sondern trägt zur Verringerung von Energieaufwand und Emissionen in die globale und lokale Umwelt bei.

Materialinventare für Einzelbauwerke können eine Grundlage für regionale Materialkataster sein, insbesondere dann, wenn sie für typische Bauwerke in ausgewählten Regionen vorliegen – siehe Klauß et al. 2009 als Beispiel.

Im Ergebnis einer intensiven Befassung mit bauwerksspezifischen Materialinventaren werden folgende Schlussfolgerungen gezogen und Handlungsempfehlungen gegeben:

- Das Interesse an Informationen zu den in Bauwerken verbauten Materialien wächst in Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Treiber sind u. a. politische Ziele zur Schonung natürlicher Ressourcen und zur Verbesserung der Ressourceneffizienz, der angestrebte Übergang zu einer circular economy, die zunehmende Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden auf Basis einer lebenszyklusbezogenen Analyse von Energie- und Stoffströmen, die Berücksichtigung der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit verbauter Materialien bei Wertermittlung und Risikobeurteilung in der Immobilienwirtschaft und z. B. das Interesse

am Thema Wohngesundheit. Damit ist die Zeit günstig für Vorschläge zur Einführung, Verbreitung und verstärkten Nutzung von Materialinventaren.

- Für bauwerksspezifische Materialinventare gibt es bisher – im Unterschied zu anderen Branchen – keine konkreten Empfehlungen oder Vorgaben zu Form und Inhalt. Dies ist ein Hemmnis für die Entwicklung von Hilfsmitteln für ihre Erarbeitung, z. B. im Rahmen von BIM. Es wächst die Bereitschaft, sich im europäischen Kontext mit Normungsinitiativen dieser Aufgabe zu nähern. Dieser Prozess befindet sich am Anfang und nimmt Zeit in Anspruch. Es besteht ein dringender Bedarf an nationalen Zwischenlösungen mit konkreten Empfehlungen.

- Über die Vorgaben zur einheitlichen Gestaltung von Materialinventaren hinaus ergibt sich ein dringender Bedarf an einer Harmonisierung weiterer Grundlagen. Dies betrifft insbesondere die Bezeichner von Materialen und Abfallkategorien sowie die Beschreibbarkeit von Einbau- und Verbindungsarten sowie Rückbau- und Trennmöglichkeiten. Im Sinne weitergehender Überlegungen stellt sich sogar die Frage, ob ausgebaute Bauteile und Materialien überhaupt sofort als Abfälle bezeichnet werden sollten.

- Die Nachfrage nach materialbezogenen Informationen geht weit über eine Auflistung verbauter Materialien hinaus. Um eine Nachfrage nach Materialinventaren auszulösen und zu verstetigen, müssen diese einen Mehrwert bieten. Zielgruppen sollten nicht über die Notwendigkeit der Erstellung und Nutzung von Materialinventaren angesprochen werden. Wichtiger ist eine akteursgruppenspezifische Kommunikationsstrategie, die Materialinventare als zuverlässige Informationsquelle darstellen. Gleichzeitig kann ein Materialinventar – vergleichbar einer Volldeklaration der Inhaltsstoffe eines Produkts – ein wichtiges Qualitätssignal sein, vorzugsweise in Kombination mit einer Positivliste von Materialien und Produkten. Materialinventare können darüber hinaus ein Instrument der Qualitätssicherung sein, erlauben sie doch bei Wahl der geeigneten Ausprägungsform ein Rückverfolgen der Materialien bis hin zu Produkt- und Herstellerangaben.

- Es kann davon ausgegangen werden, dass in naher Zukunft der carbon footprint von Gebäuden in der Förderung und im Anschluss daran auch in der Gesetzgebung eine Rolle spielen wird. Durch die bei der Herstellung von Bauprodukten für Neubau, Modernisierung und Ersatz verursachten Treibhausgasemissionen, die zu „Grauen Emissionen“ bzw. „embodied emissions“ zusammengefasst werden, gibt es einen unmittelbaren Einfluss durch die Auswahl der Bauprodukte. Voraussetzung für die Ermittlung des carbon footprint ist eine Ökobilanz, die u. a. auf Angaben zu Art und Menge verbauter Materialien aufbaut. Ein Materialinventar ist damit entweder die Basis bzw. ein Nebenprodukt einer Ökobilanz. Häufig gehen diese Informationen verloren. Es geht darum, sie in ein geeignetes Format zu überführen und zugänglich zu machen.

- Ein Materialinventar kann als eigenständiges Instrument/Dokument angesehen werden. Es sollte jedoch vorzugsweise in einen Gebäudepass im Sinne einer lebenszyklusbegleitenden Objektdokumentation integriert werden. In diesem Fall sind die Chancen höher, dass im Verlauf des Lebenszyklus Angaben zu verbauten Materialien aktualisiert und fortgeschrieben

werden. Dies betrifft u. a. auch die Dokumentation von Stoffeinträgen aus der Nutzung (chemische Reinigung, Tankstelle, Eisenbahntrassen).

- Soweit Materialinventare bereits in der Planung für die Prognose des künftigen Aufkommens an wiederverwendbaren Bauteilen, recyclingfähigen Materialien und verbleibenden Abfällen verwendet werden sollen, besteht ein Bedarf, die Angaben in Umweltproduktdeklarationen zu den Modulen C und D auszubauen. Diese müssen ohnehin verpflichtend bearbeitet werden – auf die Ergebnisse des Projekts von Trinius et al. 2020 wird verwiesen.
- Soweit Materialinventare genutzt werden sollen, um die Inanspruchnahme an primären Rohstoffen zu beschreiben und zu bewerten, müssen für Materialien geeignete Informationen zur Verfügung gestellt werden. Die Aussagekraft und die Interpretationsmöglichkeiten von Angaben zum kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) sollten geprüft werden.
- Materialinventare sollten den Zustand des Bauwerks bei Fertigstellung/Übergabe repräsentieren. Es kann davon ausgegangen werden, dass Ökobilanzen zunächst bereits in der Entwurfsoptimierung und Genehmigungsplanung eingesetzt werden. Sollten Materialinventare auch produkt- und herstellerspezifische Angaben aufnehmen, müssen sie nicht nur planungs- sondern ausführungsbegleitend erstellt und bei Fertigstellung aktualisiert sowie präzisiert werden.
- Für mehr Verbindlichkeit bei der Nachfrage nach Materialinventaren bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten an. Beispiele sind (1) die Aufnahme der Erstellung von Materialinventaren in die Anforderungen von Nachhaltigkeitsbewertungssystemen, (2) die Aufnahme der Erstellung von Materialinventaren in die Anforderungen von Förderprogrammen, (3) die Aufnahme der Erstellung eines Materialinventars, das die Situation zum Zeitpunkt der Fertigstellung/Übergabe des Bauwerks beschreibt, in die besonderen Leistungen gemäß HOAI.
- Bisher müssen im Rahmen der Bauantragstellung Angaben zu Bauweise und Hauptbaustoffen gemacht werden. Es wird vorgeschlagen, dies bei Fertigstellung des Gebäudes zu präzisieren und zu erweitern. In einer Art „Fertigstellungsmeldung“ könnte ein Materialinventar abgefragt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass Materialinventare praktisch ohne Mehrkosten erstellt werden können.
- Materialinventare für Typvertreter von Einzelbauwerken können eine Grundlage für die Erstellung regionaler Materialkataster sein. Dies trifft auch und insbesondere für Bauwerke des Ingenieur- und Tiefbaus zu.

Das Thema der bauwerksspezifischen Materialinventare steht damit an der Schwelle vom „ob“ zum „wofür“ und „wie“.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für eine Einführung und verstärkte Nutzung von Materialinventaren günstige Voraussetzungen herrschen. Im Kontext von Themen wie Ressourceneffizienz und circular economy wächst bei Politik und Wirtschaft das Interesse an Angaben zu den in Bauwerken verbauten Materialien und damit in Anspruch genommenen Primärrohstoffen ebenso wie an Informationen zu dem erwarteten stofflichen Output bei Ersatz von Bauteilen und Rückbau von Bauwerken. Die Bereitschaft wächst, die Erstellung von Materialinventaren verpflichtend einzuführen. Diese können über die Angaben zu Art und Menge verbauter Materialien hinaus den am Bau Beteiligten eine breite Palette an

Zusatzinformationen liefern. Derartige Zusatzinformationen reichen von Angaben zu Produkt- und Herstellerdaten über die Abschätzung von Wirkungen auf die lokale Umwelt sowie die Gesundheit bis hin zu Zeitpunkten für einen Ausbau. Die methodischen Grundlagen für eine Erfassung und Bewertung der Inanspruchnahme von Rohstoffen haben sich ebenso verbessert wie die entsprechende Datenlage, diese Prozesse sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Ebenso stehen Harmonisierungsbemühungen und Normungsaktivitäten zu Inhalt und Aufbau von Materialinventaren noch am Anfang. Die Tastsache einer sich verbessernden Nachfrage in Kombination mit klaren Vorstellungen zu Inhalt und Form ist eine wesentliche Voraussetzung für Entwicklung und Einsatz von Werkzeugen. Die Gespräche mit Praxisvertretern und die Tests erarbeiteter Vorschläge mit Praxispartnern zeigten neben einem generellen Interesse an der Thematik die Bereitschaft, im jeweiligen Arbeits- und Verantwortungsbereich aktiv zu werden. Durch ein Eigeninteresse an Informationen sowie die gezielte Weitergabe an Dritte ist eine Nutzung von Materialinventaren gegeben.

4 Regionale Materialkataster für Bauwerksbestände

Regionale Materialkataster werden hier als Instrumente begriffen mit Hilfe derer die Größe und Zusammensetzung von Materiallagern in Bauwerksbeständen und deren Veränderungen beschrieben werden können. Sie beziehen sich auf Materialmengen und Materialqualitäten in Regionen, verstanden als zusammenhängende Bauwerksbestände.

„Region“ bzw. zusammenhängende Bauwerksbestände beziehen sich auf Wirkungsräume von Akteuren, die Entscheidungen treffen und Planungsaufgaben übernehmen, die sich auf Materialflüsse und Zusammensetzungen von Bauwerken innerhalb dieses im räumlichen Sinne zu verstehenden Wirkungsraumes auswirken.

Ziel ist es, konzeptionelle Vorschläge für die Erstellung regionaler Materialkataster für Bauwerksbestände zu machen, die Informationen bereitstellen, welche Planungs- und Entscheidungsprozesse im Kontext einer kreislauforientierten ressourcenschonenden Entwicklung von Bauwerksbeständen aktiv unterstützen. Im Folgenden wird vereinfacht von Materialkatastern gesprochen.

Im Mittelpunkt der konzeptionellen Entwicklung steht der Akteursbezug der Informationen, die in das Materialkataster aufgenommen werden. In Kapitel 4.1 werden dementsprechend die Informationsbedarfe relevanter Akteure ermittelt. Dies erfolgt zum einen durch Befragungen selbiger, zum anderen kann auf Erfahrungen der Projektbearbeitenden in den Bereichen regionaler Rohstofffragen, der Abfallwirtschaft sowie Regional- und Stadtplanung zurückgegriffen werden. In einem Anforderungsprofil werden die zu berücksichtigenden Randbedingungen für das Materialkataster spezifiziert und damit eine Orientierung für die nachfolgenden Analyseschritte geschaffen.

Darauf folgend wird in Kapitel 4.2 auf die Potenziale und Grenzen von Methoden eingegangen, die geeignet sind, Informationen zur regionalen Zusammensetzung des Bauwerksbestands und seiner Veränderungen zu liefern. Dies erfolgt auf Grundlage einer Literaturrecherche. Des Weiteren werden in Kapitel 4.3 Datenquellen beschrieben, die Eingangsdaten für die Modellierung des Katasters liefern können.

Danach werden in Kapitel 4.4 die Gebäude- und Wohnungsstatistik sowie die Abfallstatistik auf ihren Aussagegehalt hinsichtlich Materialzusammensetzungen geprüft und eine Gliederungssystematik für Baumaterialien entwickelt, die sowohl zu Rohstoff- und Abfallkategorien als auch zu materialinduzierten „Grauen Emissionen“ anschlussfähig ist.

Diese Vorüberlegungen wurden laufend mit den im Projekt involvierten Praxispartnern abgestimmt, um den direkten Bezug zu deren tatsächlichen Informationsbedarfen sicherzustellen. Kapitel 4.5 thematisiert dieses dialogorientierte Konzept und die ermittelten Anforderungsprofile der Fallbeispielregionen sowie Machbarkeitsbetrachtungen mit den regionsweise verfügbaren Sach- und Geodaten. Des Weiteren werden drei konkrete Fragestellungen, zu denen das Materialkataster Daten liefern kann, näher untersucht.

Abschließend werden in Kapitel 4.6 die gesammelten Informationen zusammengefasst und aus ihnen spezifische Empfehlungen für den Aufbau des Katasters abgeleitet.

4.1 Informationsbedarfe relevanter Akteure und daraus resultierende Anforderungen an ein Materialkataster

4.1.1 Anforderungsprofil für ein Materialkataster

Zweck, der mit dem Materialkataster verfolgt wird

Das Materialkataster dient der Beschreibung der Materialzusammensetzung von Bauwerksbeständen und deren Veränderung innerhalb einer Region und der Bereitstellung entsprechender Informationen. Die inhaltliche und räumliche Ausdifferenzierung des Materialkatasters richtet sich nach den Informationsbedarfen möglicher Adressaten. Relevante Adressaten sind Akteure, die Entscheidungen treffen und Planungsaufgaben übernehmen, welche Einfluss auf die Materialzusammensetzung der Bauwerksbestände sowie die Baumaterialflüsse haben.

Adressaten des Materialkatasters

Der Fokus liegt auf Akteuren mit Planungsaufgaben im Bereich Kreislaufwirtschaft in Bezug auf Baumaterialien mit Schwerpunkt mineralischer nichtmetallischer Massenbaustoffe. Diese Akteure können in folgende Obergruppen eingeordnet werden: Entsorgungswirtschaft (Abbruchunternehmen, Aufbereiter mineralischer Bauabfallmassen, Betreiber einer Anlage zur Vorbehandlung von Baumischabfällen, Betreiber einer Tagebauverfüllung, Deponiebetreiber), genehmigungsrechtlich Verantwortliche sowie Gestalter der Ressourcenpolitik und Baustoffindustrie.

Raumbezug des Materialkatasters

Der Raumbezug ergibt sich aus der Wirkungsraumabgrenzungen relevanter Akteure. Die Abgrenzung kann dann z. B. entlang administrativer Einheiten von Landkreisen oder Städten erfolgen oder Zuständigkeitsbereiche von Behörden bzw. Einzugsbereiche von Unternehmen umfassen, aus denen Wirtschaftsakteure mit Abfallmassen zur Entsorgung beliefert werden oder die Baustoffindustrie sich mit Rohstoffen versorgt. Auch Transportradien von Sekundärrohstoffen sind in diesem Zusammenhang relevant.

Zeitbezug

Informationen zu Materiallager beziehen sich auf einen Zeitpunkt (Stichtag), Veränderungen auf einen Zeitraum. Veränderungen sind auch abhängig vom Lager selbst, z. B. vom Baualter, dem Zustand von Gebäudebeständen oder der Belegung (Leerstandsquote). Planungszeiträume der adressierten Akteure haben ebenso Einfluss auf die Betrachtungszeiträume wie die thematische Ausrichtung der Planungsaufgaben und zu treffenden Entscheidungen.

Informationen zur Materialzusammensetzung

Mit dem MK können in erster Linie Informationen bereitgestellt werden, die für strategische Planungsaufgaben mit Bezug zur Kreislaufwirtschaft oder Planungsaufgaben im weiteren Nachhaltigkeitskontext von Interesse sind.

Akteure der Abfallwirtschaft agieren mit Abfallfraktionen, die weiter nach Abfallarten unterschieden werden. Wesentliche Abfallarten der Abfallfraktion Bauschutt sind entsprechend der Abfallschlüssel nach der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV 2016) systematisiert. Wesentliche Abfallarten der Abfallfraktion Bauschutt sind z. B. Beton (ASN 170101), Ziegel, (ASN 170102), Fliesen, Ziegel, Keramik (ASN 170103), Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen, Keramik (ASN 170107). Gehörige Anteile an mineralischen Massen befinden sich auch in den Baumischabfällen (ASN 170904), die in der Regel über Container ab Baustelle erfasst und Vorsortierungsanlagen zur Entsorgung übergeben werden. Die Zulässigkeit der

Materialien für verschiedene Verwertungsarten bestimmt sich nach der Abfallart, denen sie zugeordnet sind, sowie nach der Qualität der Abfälle. Baumaterialien in Gebäuden liegen nicht als Abfallfraktionen, sondern als Baumaterialien vor. Idealerweise stellt ein Materialkataster Informationen zu Materialien bereit, welche zugleich Bezüge zu Abfallarten aufweisen, bestenfalls auch in der Unterscheidung nach Qualitäten. Die Art und Qualität von Materialien bestimmen deren technische Verwertbarkeit. Auch Bezüge zu Rohstoffkategorien sind von Interesse, aus denen Baumaterialien hergestellt werden, wie beispielsweise mineralische nichtmetallische, biotische, metallische Rohstoffe und fossile Energieträger. Bezüge zu klimarelevanten Fragen sind zu beachten.

4.1.2 Spezifizierung der Informationsbedarfe im Dialog mit Praxisakteuren

Meist entstehen Informationsbedarfe von Akteuren im Kontext spezifischer Anlässe. In diesem zusammenfassenden Abschnitt liegt der Fokus der Darstellung auf den Informationsbedarfen von Akteuren über Anlässe hinweg.

Entsprechend des Vorgehens im Teil „Materialinventar“ wird auch hier eine Strukturierung aufgegriffen mit der Unterscheidung von Akteursgruppen mit bzw. ohne direktes Interesse an MK sowie der Beschreibung der Rollen von Akteursgruppen. Berücksichtigt werden Akteure mit genehmigungsrechtlichen Verantwortlichkeiten (u. a. Abfallbehörden der kreisfreien Städte, Landkreise und Bundesländer), Akteure mit strategischen umweltpolitischen Aufgaben auf kommunaler und Landesebene, privatwirtschaftliche Akteure der Entsorgungswirtschaft sowie Akteure der Baustoffindustrie. Berücksichtigung finden auch einschlägige Regelwerke wie aktuelle rechtliche Vorgaben (z. B. LAGA M 20, Deponieverordnung, landesspezifische Verordnungen mit Regelungen zum Recycling und zur Verwertung von Bauabfällen in Tagebauen, die aktuelle Beschlussfassung der Mantelverordnung und Regelwerke, welche die Verwendung von Recyclingmaterialien in Baustoffen festlegen). Der Fokus liegt dabei auf Akteuren mit Bezug zu nichtmetallischen mineralischen Baustoffen bzw. Abfallströmen. Einbezogen werden aber auch Akteure mit Verantwortung für andere relevante Materialgruppen wie Metalle, Holz, Kunststoffe und entsprechende Verbunde sowie als Sonderkategorie Dämmstoffe.

Die Analysen basieren auf einer Literatur- und Dokumentenanalyse sowie Expertenbefragungen. Die Literatur- und Dokumentenanalyse berücksichtigt zum einen Zuständigkeiten (Akteursidentifizierung) sowie Vorschriften und darin enthaltene Hinweise auf Informationsbedarfe, zum anderen aber auch Erkenntnisse, wie sie in anderen aktuellen Projekten derzeit gewonnen werden (z. B. KartAL III). Expertengespräche wurden mit einzelnen Vertretern aus Behörden und der Entsorgungs- und Baustoffwirtschaft geführt. Sie wurden als offene Interviews entlang von Interviewleitfäden geführt. Diese waren so konzipiert, dass sie Auswertungen im Hinblick auf unterschiedliche Anforderungsniveaus ermöglich.

4.1.2.1 Entsorgungswirtschaft

Gemessen an den Standards, die durch gesetzliche und untergesetzliche Regelwerke gesetzt werden, ist die Entsorgung von Bauabfällen derzeit noch unzureichend bzw. wenig in Richtung Kreislaufwirtschaft entwickelt. Dies ist auch im Vergleich zu anderen Abfallmassenströmen augenfällig. Mit der Novellierung der Gewerbeabfallverordnung und der geplanten Einführung einer Mantelverordnung sollen hier neue Impulse gesetzt werden. Mineralische Bauabfälle stehen als wertvolle Rohstoffquelle mittlerweile auch aus dem Blickwinkel der Ressourcenpolitik sowie aus dem Bestreben einer Sicherstellung einer ausreichenden Rohstoffversorgung im Fokus. Die Frage der Optimierung der Kreislaufwirtschaft mineralischer Bauabfälle hat mittlerweile deutlich größere Beachtung gefunden, auch die Entsorgungswirtschaft als zentrale Akteursgruppe stellt sich den neuen Herausforderungen. Mit

einem modifizierten Stoffstrommanagement wie auch entsprechender Aufbereitungstechnik gilt es, sich den neuen Anforderungen anzupassen. Diese Anpassungsnotwendigkeit ergibt sich auch aus der zunehmenden Änderung in der Abfallzusammensetzung. Die Bauweisen von Bauwerken und die Auswahl der Baumaterialien haben sich über die letzten Jahrzehnte deutlich geändert. Mit einem gewissen Zeitverzug ergeben sich daraus Änderungen in der materiellen Zusammensetzung der unterschiedlichen Bauabfallmassen. Informationen aus einem Materialkataster sind unter diesen Rahmenbedingungen grundsätzlich gefragt.

Die Akteure aus der Entsorgungswirtschaft lassen sich entlang des Abfallentsorgungsweges folgendermaßen beschreiben: Abbruch/Entkernung, Aufbereiter von mineralischen Bauabfallmassen, Vorbehandlung von Baumischabfällen, Betreiber von Deponien oder anderen Senken in der Abfallwirtschaft.

Abbruchunternehmer

Für ein im Abbruch und in der Entkernung tätiges Unternehmen grundsätzlich von Interesse sind Informationen zur Entwicklung des Marktes und der Nachfrage (Abbruchtätigkeit) sowie zu sich ändernden Anforderungen an das Profil des Unternehmens hinsichtlich Qualifikation und auch technischer Ausstattung.

Die (technischen) Herausforderungen ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Konstruktionsweisen von Bauwerken und damit auch von unterschiedlichen Konstruktionsverbunden sowie gewählten Baumaterialien und damit Materialverbunden auf der einen Seite und den Anforderungen an eine zunehmende nach Materialien separierte Bereitstellung der Abfallmassen ab Baustelle und dies zudem möglichst frei von Fremd- und Störstoffen.

War die Auswahl der Baustoffe ehemals stark von der regionalen Struktur der Baustoffindustrie geprägt, hat sich dies in der jüngeren Vergangenheit deutlich verändert. Die ehemals dezentrale Baustoffproduktion war früher zudem an der lokalen Verfügbarkeit von Rohstoffen orientiert. Die Herstellung von Baustoffen verlagerte sich immer mehr auf wenige zentrale Produktionsstandorte. Die Bedeutung von Standorten hat sich deutlich abgeschwächt. Alle Baustoffe sind mittlerweile in allen Regionen verfügbar bzw. auf dem Markt; die Wahl an Baumaterialien ist weniger von regionalen Rohstoffvorkommen und Produktionsstätten geprägt als früher. Baustoffhersteller vermarkten überwiegend auch überregional.

Materialkataster haben einen räumlichen Bezug. Zumindest mittelfristig werden sich voraussichtlich die aus den Katastern ableitbaren Informationen zu Baumaterialien und Materialverbunden immer mehr angleichen. Auf die sich ändernden Rahmenbedingungen gilt es sich eher bundesweit einheitlich einzustellen.

Die Ausgestaltung der Abbruchmaßnahmen wird über Randbedingungen gesteuert, die sich nicht aus Informationen zum Bauwerksbestand ergeben. Die Rückbaustrategie und der damit verbundene (technische) Aufwand ergeben sich eher aus den Notwendigkeiten der Entsorgungsstruktur in den einzelnen Regionen sowie der ggf. nach Regionen unterschiedlich strikten Umsetzung der gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen.

Da der Aufwand der Verwertung für diese Unternehmen in Abhängigkeit des Durchmischungsgrades und der Anteile an Fremd- und Störstoffen deutlich steigt, sind die Entsorgungspreise in der Regel deutlich über diese Parameter ausdifferenziert. Für ein Abbruchunternehmen ergibt sich die Kostenkalkulation immer aus der Summe von Rückbau- und Entsorgungskosten. Die Umsetzung von Regelwerken erfolgt über die zuständigen Instanzen vor Ort und ist immer stark abhängig von bspw. deren personeller Ausstattung.

Die Entwicklung des Marktes, d.h. der Nachfrage nach Sanierungs- und Rückbautätigkeiten, ergibt sich weniger aus objektiven Rahmenbedingungen, wie insbesondere dem Alter, dem

Zustand oder auch dem Nutzungsgrad von Bauwerken. Entscheidend sind letztendlich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und damit die kostengünstige Verfügbarkeit von Investitionsmitteln. Dies gilt sowohl für (Verkehrs)Infrastruktur als auch für die übrigen Bauwerke.

Gerade die größeren Abbruchunternehmen sind wenig ortsgebunden und damit weniger abhängig von der Entwicklung in einzelnen Regionen. Der Abbruch erfolgt durch mobile Gerätschaften, die grundsätzlich überall einsetzbar sind. Es gibt immer auch Unternehmen und dort durchaus auch große, die eigene Recyclinganlagen oder Vorbehandlungsanlagen betreiben. Die Versorgung dieser Anlagen durch Abfallmassen erfolgt aber immer nicht nur durch eigene Baumaßnahmen, die Anlagen bieten ihre Entsorgungsdienstleistung in den Regionen auch Dritten an. Analog werden immer dann Anlagen Dritter beliefert, wenn sich dies insbesondere aus Sicht der Transportentfernungen als kostengünstiger erweist.

Aufbereiter mineralischer Bauabfallmassen

Auch ein Aufbereiter mineralischer Abfallmassen hat grundsätzlich Interesse an Informationen zu den sich ändernden Abfallmengen und deren Zusammensetzung in einer einzelnen Region, die über ein Materialkataster bereitgestellt werden könnten. Die in den Anlagen notwendigen Aufbereitungsprozesse und damit auch deren technische Ausstattung werden unter anderem auch über eine sich ändernde Abfallzusammensetzung gesteuert.

Gerade auch im Rückbau der Bauwerke nicht lösbare Materialverbunde werden eine zunehmende Herausforderung für Bauschuttaufbereiter darstellen. So müssen die Zerkleinerungsprozesse umgestellt werden hin zur Einbindung von Techniken, die eine schonende und damit selektive Zerkleinerung ermöglichen. Kugelmühlen, Attritionstrommeln und ähnliche Aggregate versprechen eine Auftrennung von Mauerwerk/Beton von Putzen oder eine gezielte Auftrennung von Dämmstoffen und den mineralischen Baustoffen.

Es zeichnet sich zudem ab, dass sich die Rolle der Aufbereiter mineralischer Bauabfälle ändern könnte, weg von der Herstellung einfacher RC-Baustoffe für den Straßen- und Wegebau oder den Erdbau hin zur Herstellung von Bauprodukten bzw. der Bereitstellung von hochwertigen Rohstoffen aus dem Materialkreislauf, die mit möglichst analogen Eigenschaften zu primären Rohstoffen in der Baustoffindustrie eingesetzt werden können. Ein Hinweis darauf sind die Erkenntnisse, die derzeit bspw. auch in dem Forschungsprojekt KartAL III für das Umweltbundesamt gewonnen werden. Dies setzt jedoch einen Paradigmenwechsel voraus. Die Steuerung des Anlageninputs erfolgt verstärkt auch aus den Notwendigkeiten der Vermarktungswege heraus.

So müssen Strategien zur Abtrennung von auch mineralischen Leichtbaustoffen gefunden werden, da sich viele klassische Verwertungswege an der Kornrohdichte und Widerstandsfähigkeit der Materialen ausrichten. Zudem ergeben sich möglicherweise neue Anforderungen der Kreislaufwirtschaft, Baustoffe möglichst getrennt zu halten und einer gezielten Verwertung zuzuführen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, den Input in die Anlage besser zu steuern bzw. die Notwendigkeit zu nach Materialien ausdifferenzierten Inputlägern.

Die zur Akteursgruppe „Abbruchunternehmen“ formulierten Rahmenbedingungen lassen sich auch auf die „Aufbereiter mineralischer Bauabfälle“ übertragen.

Die Entwicklung des Aufkommens an Bauabfallmassen wird von zahlreichen Rahmenbedingungen gesteuert, die aus einem Materialkataster ableitbaren Informationen zum Bauwerksalter und möglicherweise auch -zustand sind für strategische Entscheidungen zur Auslegung der Durchsatzleistung von Anlagen oder gar zur Errichtung neuer Standorte nicht ausreichend.

Betreiber einer Anlage zur Vorbehandlung von Baumischabfällen

Baumischabfälle (AVV 170904) sind eine über Container an Baustellen erfasste Abfallfraktion, die klassisch bzw. in vielen Regionen aus einer Mischung von mineralischen- und nicht-mineralischen Stoffen besteht. Eine Auftrennung in „brennbar“ und „nicht-brennbar“ erfolgt bisher eher selten schon an den Baustellen, sondern in den Anlagen zur Vorbehandlung.

Mit der Novellierung der Gewerbeabfallverordnung werden auch neue Anforderungen für den Baubereich und dabei auch für diesen Massenstrom gestellt. Aus der Gewerbeabfallverordnung sind klare Zielvorgaben zur Getrennthaltung einer Vielzahl von Materialien/Abfallarten ab Baustelle gestellt. Werden diese auch in der Praxis entsprechend umgesetzt, werden sich Aufkommen und Zusammensetzung dieser Baumischabfälle deutlich ändern. Baumischabfälle dürfen als solche nur noch dann zur Entsorgung anfallen, sofern sich eine getrennte Bereitstellung und Verwertung im Einzelfall als technisch nicht möglich oder als wirtschaftlich nicht zumutbar herausgestellt hat. Das Aufkommen sollte daher eher rückläufig sein. In dem Baumischabfall sollten sich immer weniger der Abfallmassen wiederfinden lassen, die sich vergleichsweise gut und einfach ab Baustelle separat halten lassen.

Auch hier haben Betreiber von Anlagen zur Vorbehandlung grundsätzlich Interesse an Informationen aus einem Materialkataster zum zukünftigen Aufkommen und seiner sich ggf. ändernden Zusammensetzung. Beides wird jedoch deutlich weitgehender von der tatsächlichen Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung beeinflusst.

Betreiber einer Tagebauverfüllung

Die Rohstoffwirtschaft tritt dann auch als Akteur in der Abfallwirtschaft auf, wenn der Rohstoffabbau verbunden ist mit einer Auflage zur Rekultivierung bzw. hier mit der Erlaubnis zum Einsatz von Abfallmassen. Grundsätzlich sind die Verfüllnotwendigkeit und damit auch das Auftreten in der Abfallwirtschaft vom Absatz an mineralischen Rohstoffen abhängig. Die Ausrichtung des Betriebes ist die Produktion von Rohstoffen, nicht die Bereitstellung von Entsorgungskapazitäten.

In Verfüllmaßnahmen werden vor allem Böden eingesetzt, jedoch werden nach wie vor nicht unerhebliche Mengen an Bauschutt in Tagebauen verwertet, entweder über bestehende Verfüllungsgenehmigungen oder im Rahmen von Baumaßnahmen zur Absicherung der Verfüllungskörper (Berg- und betriebstechnische Zwecke). Abgeleitet aus strengeren Anforderungen des Bodenschutzrechtes, nicht zuletzt auch aus den absehbaren Anforderungen aus der Mantelverordnung und damit Novellierung des Bodenschutzrechtes haben viele Bundesländer diese neuen Standards mittlerweile jeglicher Neugenehmigung zugrunde gelegt bzw. auch bestehende Verfüllgenehmigungen materiell entsprechend angepasst. Bauschutt darf damit nur noch im betriebsbedingten Ausnahmefall oder über Sonderregelungen wie in Bayern (Verfüllerlass) eingesetzt werden, bzw. in Fällen, bei denen Bestandsschutz bzgl. vorliegender langfristiger Genehmigungen besteht. Inwieweit hierauf die Mantelverordnung mit Ihrer Einführung Einfluss nimmt, gilt es noch zu klären.

Deponiebetreiber

Abfalldeponien sind das letzte Glied in einer Entsorgungskette. Die zur Ablagerung auf Deponien verbleibende Abfallmasse wird sowohl hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und als auch zum Aufkommen durch eine Vielzahl anderer Rahmenbedingungen beeinflusst. Die Bemühungen der Kreislaufwirtschaft haben zum Ziel, die über Deponien zu entsorgenden Teilmengen im Sinne „Zero Waste“ möglichst zu reduzieren. Inwieweit dies gelingt und zu welchen Änderungen dies aufgrund der unterschiedlichen Ausgangssituationen in den einzelnen Regionen führt, lässt sich vom Deponiebetreiber nicht steuern. Im Gegenteil, der Deponiebetreiber ist in der Regel daran interessiert, dass Material bei ihm angeliefert wird.

Ob Deponiebetreiber Investitionsentscheidungen nicht an Erkenntnissen aus einem Materialkataster festmachen wollen, ist fraglich. Denkbar ist durchaus, dass für Entscheidungen hinsichtlich der Neuausweisung von Bauabfalldeponien (DK 1 und 2) Einschätzungen zum zukünftigen Anfall an zu deponierenden Mengen von Interesse ist, auch, da diese gegenüber von Genehmigungsbehörden als Argumente vorgebracht werden können. Unsicherheiten bestehen derzeit vor allem hinsichtlich möglicher Verlagerungsprozesse infolge der Einführung der Ersatzbaustoffverordnung.

4.1.2.2 Genehmigungsrechtlich Verantwortliche

Die Anlagen der Abfallwirtschaft bedürfen für ihren Betrieb oder auch für eine Erweiterung des Betriebes einer Genehmigung. Einfachste Anlagen unterliegen dem Baurecht, ansonsten grundsätzlich dem Immissionsschutzrecht. In diesen Fällen sind die Behörden für die Genehmigung, später auch deren Überwachung zuständig.

In allen diesen Fällen bedarf es keiner Planrechtfertigung im Sinne des Nachweises, dass die geplante neue Abfallbehandlungsanlage oder eine Anlagenerweiterung einem Bedarf entspringt. Das Investitionsrisiko trägt alleine die Entsorgungswirtschaft. Genehmigungsvoraussetzung ist, dass von der Anlage keine negativen Auswirkungen für das Standortumfeld zu erwarten sind und entsprechende Techniken zum Einsatz kommen, dies zu verhindern. Betrachtet werden die möglichen Belastungspfade über Luft, Wasser und Boden sowie Belange des Immissionsschutzes der Nachbarschaft. Aus diesem Grunde benötigen die zuständigen Behörden zu diesem Zweck keine Informationen aus einem Materialkataster.

Dies sieht grundsätzlich anders aus für Anlagen, die im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens genehmigt werden müssen. Dies sind in der Abfallwirtschaft insbesondere Müllverbrennungsanlagen oder Deponien. Eine derartige Fachplanung kann im Zweifel eine Enteignung erfordern. Sie muss sich deshalb durch Gründe rechtfertigen lassen, die dies zum Wohl der Allgemeinheit erlauben. Es bedarf einer Planrechtfertigung. Die Planrechtfertigung fehlt, wenn das Vorhaben den fachgesetzlichen Zielen nicht genügt oder es keinen konkreten Bedarf erfüllt.

Teil der Antragsunterlagen ist daher unter anderem auch eine Bedarfsprognose bzw. der Bedarf wurde dem Verfahren vorgelagert im Rahmen einer Studie ermittelt. Die Prognose des Bedarfs geht mit einem Spielraum einher, der gerichtlich nicht umfassend nachprüfbar ist. Kontrolliert wird die Prognosebasis, d.h. ob der Sachverhalt zutreffend ermittelt wurde, welcher der Prognose zugrunde liegt. Ist dies der Fall, untersucht das Gericht den Prognoseschluss bzw. das -ergebnis nur daraufhin, ob es anhand einer fachwissenschaftlich geeigneten und einwandfreien Methode erzielt und sachlich nicht offensichtlich fehlerhaft oder eindeutig widerlegbar ist.

Gerade in letzter Zeit wurden in einigen Bundesländern Deponiebedarfsprognosen in Auftrag gegeben. Im Allgemeinen sind angesichts der derzeitigen und erwarteten Abfallmengen gerade aus dem Baubereich nur noch geringere Ablagerungsvolumina auf Deponien vorhanden. Betroffen sind meist gerade Deponien der Klassen 1 und 2, d.h. der Deponieklasse, über die in der Regel Bauabfallmassen beseitigt werden, lässt man die Böden außen vor.

Methodisch wird bei diesen Bedarfsprognosen so vorgegangen, dass für die einzelnen Regionen einem postulierten Aufkommen an Abfallmassen ein aktuell vorhandenes/ geplantes/genehmigtes Deponievolumen gegenübergestellt wird. Zur Prognose der zukünftig zu erwartenden Abfallmassen werden in aller Regel die Mengenentwicklungen über die letzten Jahre aufgezeigt und zwar der Abfälle, die zur Beseitigung auf Deponien angeliefert wurden. Der sich so abzeichnende Trend wird klassischerweise fortgeschrieben. Sich möglicherweise aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen oder abfallwirtschaftlichen Maßnahmen ergebende Einflüsse werden genannt, selten quantifiziert, sondern pauschal in Auf- und Abschlägen berücksichtigt.

Eine detaillierte Kenntnis über einzelne Baumaterialien in ihrem zukünftigen Abfallaufkommen, ihren derzeitigen und zukünftigen Verwertungsmöglichkeiten und daraus abgeleitet eines zur Beseitigung verbleibenden Restes ist in der Regel nicht notwendig.

Gerade aber aufgrund massiver Verlagerungen zwischen Entsorgungswegen, die infolge der Einführung der Ersatzbaustoffverordnung nach sich ziehen könnte, ist vorstellbar, dass bislang angewendete Prognoseverfahren in Frage gestellt werden und detailliertere Informationen zum Anfall von Bauabfällen von den Behörden nachgefragt werden, die beispielsweise von Materialkatastern bereitgestellt werden können.

4.1.2.3 Gestalter der Ressourcenpolitik

Eine optimierte Kreislaufwirtschaft zielt auf eine hochwertige stoffliche Verwertung der unterschiedlichen Abfallmassen. Abfall wird als wertvolle Rohstoffquelle verstanden, um die entsprechende Nachfrage der Industrie zu befriedigen. Die Baustoffindustrie trägt wesentlich zur Nachfrage nach innerdeutschen Rohstoffen bei und ist hauptsächlich für die mit der Rohstoffgewinnung verbundenen Umweltlasten und auch für das Nicht-Erreichen der ressourcenpolitischen Ziele (wie die Steigerung der Gesamtrohstoffproduktivität) verantwortlich. Entsprechend wird gerade im Umgang mit mineralischen Bauabfällen verstärkt auf eine möglichst hochwertige Verwertung geachtet und werden entsprechende abfallwirtschaftliche und ressourcenpolitische Ziele und Programme auf den Weg gebracht.

Die Abfallwirtschaft und damit auch die Bewirtschaftung der Bauabfallmassen zielen auf die Substitution von mineralischen Rohstoffen. Je besser es gelingt, Bauabfallmassen so aufzubereiten, dass sie als Baustoff oder als Rohstoff für die Baustoffindustrie in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können, je umfassender werden primäre Rohstoffe geschont und deren Gewinnung reduziert. Die Förderung von Rohstoffen für die Bauwirtschaft erfolgt oberirdisch und ist entsprechend immer mit einem größeren Flächenbedarf und Eingriff in den Natur- und Landschaftshaushalt verbunden.

Nicht nur in den Ballungsräumen besteht eine große Konkurrenz zwischen unterschiedlichen Flächennutzungsansprüchen. So sehen nicht selten Interessen der Trinkwassergewinnung, des Wald- oder Naturschutzes, der Landwirtschaft, des Landschaftsschutzes, der Erholungsnutzung sowie der Siedlungsflächenentwicklung in deutlichem Gegensatz und in Konkurrenz zur Rohstoffwirtschaft als weiterer Interessensgruppe. Im Rahmen der Regionalplanung gilt es, einen Ausgleich unter diesen unterschiedlichen und zum Teil gegenläufigen Interessen zu ermöglichen.

Aufgabe der Regionalplanung hinsichtlich der Rohstoffsicherung ist es andererseits, konkurrierende Flächennutzungen im Plangebiet so zu ordnen, dass auch dem Bedürfnis der Bürger nach einer Versorgung mit Steine-und-Erden-Rohstoffen in geeigneter Qualität und Quantität Rechnung getragen wird. Die von den Regionalverbänden in eigener Verantwortung erstellte Gebietsausweisung wird nach der Planaufstellung als Satzung vom Wirtschaftsministerium nach Prüfung hinsichtlich der Ziele und Grundsätze für allgemein verbindlich erklärt. In diesem Abwägungsprozess ist auch eine Rechtfertigung der Flächennutzungsansprüche notwendig. Für eine Regionalplanungsbehörde kann es daher durchaus sinnvoll und hilfreich sein, in die Formulierung einer ausreichenden Versorgung mit Steine- und Erden-Rohstoffen auch die Mengen einzukalkulieren, die hierfür aus der Kreislaufwirtschaft zur Verfügung gestellt werden können. Ein Materialkataster mit Informationen über die anthropogenen Lagerstätten und die zukünftig zu erwartenden Aufkommen an mineralischen Rohstoffen und damit an sekundären Rohstoffen für die Bauwirtschaft kann eine wichtige Basis zur Bezifferung der Bedarfe an Rohstoffsicherungsflächen oder auch der Ausweisung von Abbaugebieten sein.

4.1.2.4 Baustoffindustrie

Für die Baustoffindustrie lässt sich generell ein zunehmendes Interesse an der Frage der zukünftigen Sicherung einer ausreichenden Rohstoffversorgung feststellen. Auch „Steine“ erweisen sich zunehmend als ein knappes Gut. Die Praxis zeigt, dass sich bestehende Rohstoffabbauflächen, d.h. Gruben und Brüche, nicht beliebig erweitern oder gar neue Standorte erschließen lassen. Entsprechende Vorhaben führen in der Regel zu heftigen Protesten von Anwohnern oder Bewohnern des Standortumfeldes. Gerade in Ballungsräumen gibt es auch eine hohe Nutzungskonkurrenz. Die Rohstoffgewinnung muss sich mit ihren Interessen konkurrierenden Flächennutzungsansprüchen aus der Siedlungsflächenentwicklung, Schutzgebietsausweisungen (bspw. Trinkwasser), der Erholungsfunktion, dem Schutz des Landschaftsbildes sowie konkurrierenden Wirtschaftsinteressen stellen.

Das anthropogene Rohstofflager wird dadurch immer interessanter. Dies gilt insbesondere auch für die Ballungsräume, wo einerseits das anthropogene Lager aus größeren Lagerstätten besteht mit zudem größeren Höffigkeiten (Gebäudetypen und Konstruktionsweisen im Nicht-Wohnbereich) und dies andererseits auch deutlich näher zur Baustoffnachfrage gelegen ist, als dies oft für natürliche Lagerstätten der Fall wäre. Transportbetonwerke bspw. können für ihre Betonrezepturen in Anteilen auf Gesteinskörnungen aus der Aufbereitung von Bauschutt zurückgreifen und damit auf eine Versorgung von vor Ort. Bauschutt fällt in den Ballungsräumen an und geht in aller Regel der Baustoffnachfrage voraus.

Die Baustoffindustrie hat keine eigenen Informationen, welche der eigenen Baustoffe in der Vergangenheit in welchen Regionen und in welchen Mengen verbaut wurden bzw. das heutige anthropogene Lager bilden. Kreisläufe werden zudem nicht in der Form geschlossen, dass nur Altmaterialien aus der Aufbereitung eigener Baustoffe wieder zur Rohstoffversorgung eingesetzt werden könnten. Um das Beispiel der Transportbetonbranche nochmals aufzugreifen: Die RC-Gesteinskörnung, die als Zuschlag bei der Betonherstellung verwendet werden darf, darf aus der Aufbereitung nicht nur von Altbeton gewonnen werden, sondern beispielsweise auch aus Ziegel (Mauerziegel, Dachziegel) oder auch Kalksandsteinen (siehe DIN 4226-101). In welchem Umfang Läger aus diesen Quellen zur Verfügung stünden, kann in diesem Falle die Betonindustrie nicht beantworten. Es bedarf hier deshalb durchaus eines Materialkatasters und damit über alle Baustoffe hinweg.

Zwischengeschaltet zwischen Lager und Verwendung in der Baustoffindustrie ist jedoch immer die Entsorgungswirtschaft, d.h. der Aufbereiter für die anfallenden mineralischen Abfallmassen oder die Vorbehandlungsanlage für die nicht-mineralischen Fraktionen. Inwieweit es gelingt, diese Abfallmassen so aufzubereiten, dass sie für die Produktion der unterschiedlichen Baustoffe geeignet sind, ist (mit Ausnahme Betonindustrie) im Moment unklar. Die Zielrichtung und Strategie der Aufbereitung und Vorbehandlung ergibt sich nicht zuletzt auch aus den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Konkurrierende Wege bspw. in die Herstellung von Erdbaustoffen oder Baustoffen für den Straßen- und Wegebau können sich im Einzelfall lukrativer erweisen als die Vermarktung als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen für den Hochbau.

Unmittelbare Informationen aus dem Materialkataster - welche Baustoffe fallen in welchen Mengen wo und zu welchem Zeitpunkt zur Entsorgung an (resultierend aus Rückbau oder Sanierung von Bauwerken) - sind für die Hersteller mineralischer Bau- und Dämmstoffe weniger interessant, da es nur wenige Fälle gibt, in denen die Baustoffindustrie quasi ihre eigenen Altprodukte zurück in die Produktion führen kann. Dies ist bspw. die Gipsindustrie, eventuell Hersteller von Mineralwolle und eventuell die Hersteller von Flachglas.

4.1.2.5 Informationsbedarfe der Akteure im Überblick

Die in nachfolgender Tabelle zusammengefassten Einschätzungen der Informationsbedarfe basieren auf den oben erwähnten geführten Interviews ergänzt durch Erfahrungswissen aus dem Projektteam. Es werden zwei Levels an Informationsbedarfen unterschieden:

- Informationsbedarf (unmittelbar, bezogen auf Pflicht/Haupt –Aufgaben)
- Informationsinteresse (bezogen auf potenzielle zusätzliche Aufgaben)

Tabelle 34 Bewertungsmatrix Informationsbedarfe

Akteur	Bauwerkstypdifferenzierung				Materialdifferenzierung					Raumbezug				Bestand/Dynamik			
	ohne	Nutzung	Konstruktion	Baualter	ohne	Materialart	Rohstoffart	Abfallart	Sekundärrohstoffart	Region	Gemeinde	Quartier	Parzelle	Bestand	Zugang	Abgang	Sanierung
Öffentliche Akteure der Abfallwirtschaft mit genehmigungsrechtlicher Verantwortung																	
Untere Abfallbehörde																	
Obere Abfallbehörde																	
Private Akteure der Abfallwirtschaft																	
Abbruchunternehmen																	
Recyclingunternehmen																	
Tagebaubetreiber																	
Deponiebetreiber																	
Baustoffhersteller																	
Diverse Baustoffbereiche																	
	ohne	Nutzung	Konstruktion	Baualter	ohne	Materialart	Rohstoffart	Abfallart	Sekundärrohstoffart	Region	Gemeinde	Quartier	Parzelle	Bestand	Zugang	Abgang	Sanierung
Öffentliche Akteure mit strategischen umweltpolitischen Aufgaben																	
Nachhaltigkeitsabteilungen																	
Regionalplanung																	

Legende: Informationsbedarf unmittelbar, bezogen auf Pflicht-/Hauptaufgaben; bezogen auf potenzielle zusätzliche Aufgaben

Quelle: Eigene Darstellung

4.2 Methoden für die Erstellung regionaler Materialkataster

Ziel dieses Abschnittes ist es, die Bandbreite vorhandener Methoden der Materialflussanalyse zu beschreiben, die grundsätzlich geeignet sind, den Bauwerksbestand und seine Änderungen zu beschreiben, sowie ihre Leistungsfähigkeit und die Art der erzielbaren Aussagen basierend auf einer Literaturanalyse einzuschätzen.

Die in den berücksichtigten Quellen verwendeten Methoden der Materialflussanalyse lassen sich in Anlehnung an Augiseau und Barles (2017) einteilen in induktive Ansätze, die dem „bottom-up"-Prinzip folgen und deduktive Ansätze, denen ein „top-down" - Ansatz zugrunde liegt.

Der bottom-up Ansatz folgt einem typenbasierten Konzept zur Beschreibung von Materiallagern und Materialflüssen von Bauwerksbeständen. Er basiert auf eingeführten Prinzipien der kennzifferbasierten Materialflussrechnung (UNEP 2010). Diese folgt dem Prinzip: spezifische Materialmenge eines Bauwerkstyps * Menge der Bauwerkstypen innerhalb des Betrachtungsraumes = Materialmenge innerhalb eines Betrachtungsraumes. Entsprechend können unter Anwendung dieses Prinzips Zuflüsse und Abflüsse berechnet werden. Im Unterschied dazu nutzt der top-down-Ansatz verfügbare statistische Daten aus übergeordneten Statistiken wie beispielsweise Handels- und Produktionsstatistiken, um daraus In- und Outputströme von Materialien und Gütern bezogen auf ein definiertes Gebiet in einem bestimmten Zeitraum zu ermitteln. Hier ist insbesondere die sogenannte „Eurostat-Methode" der economy-wide MFA („Economy-wide material flow accounts and derived indicators") (Eurostat 2013) zu nennen. Diese wurde für nationale gesamtgesellschaftliche Materialflussanalysen konzipiert. Es sind aber auch regionale Anwendungen bekannt (s. Abschnitt 4.2.2 Top-down-Ansatz).

4.2.1 Bottom-up-Materialflussanalyse

4.2.1.1 Materialkennziffern

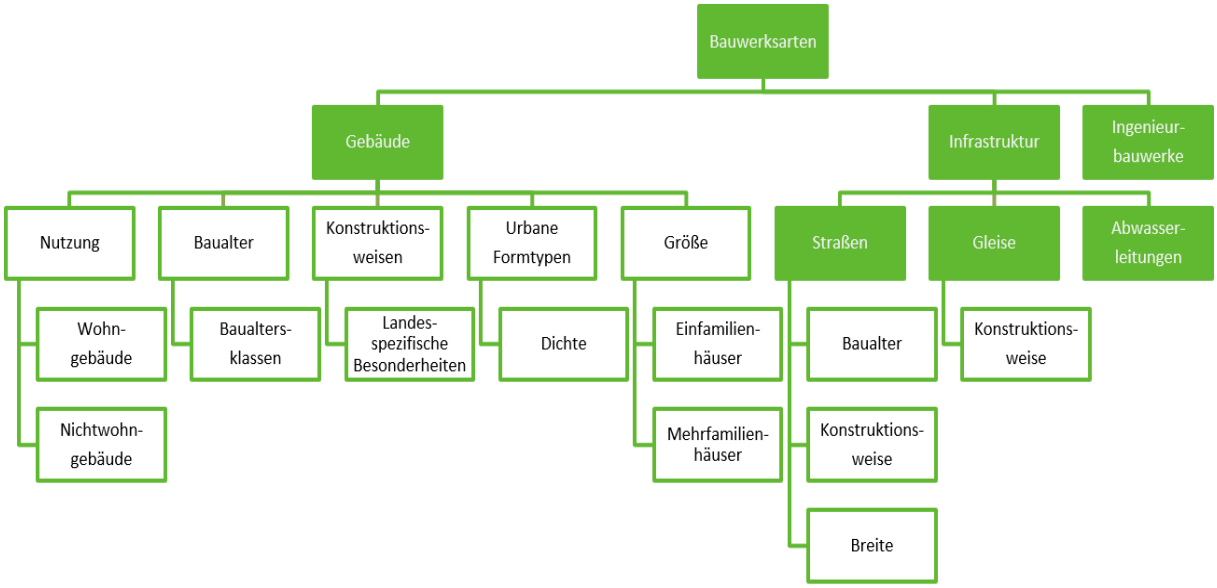
Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen, die Materialbestände mit dem bottom-up-Ansatz analysieren und berechnen. Diesen ist gemein, dass sie mit Materialkennziffern (MKZ) arbeiten und entlang des oben beschriebenen Prinzips Hochrechnungen zu Beständen und Flüssen vornehmen. Einen Überblick in Bezug auf Gebäude bieten Ortlepp et al. (2016b).

Basierend auf einer Literatursichtung wurden Studien ausgewählt (Heinrich 2016, Kleemann et al. 2018, Kleemann et al. 2016, Ortlepp et al. 2016 a, b, Schiller et al. 2017 a, Tanikawa und Hashimoto 2009), die das Spektrum der Ansätze der Materialflussanalysen bezogen auf Deutschland abbilden bzw. ergänzende Aspekte beisteuern, die bzgl. der Anwendung im deutschen Kontext diskutabel sind. Sie wurden einer genaueren Betrachtung unterzogen und im Hinblick auf die hier zu leistenden Analysen ausgewertet.

Merkmale zur Bildung von Gebäudetypen

Bei den genannten Quellen besteht keine einheitliche Systematik zur Typisierung der berücksichtigten Bauwerke. Vielmehr werden unterschiedliche Gebäudemerkmale kombiniert, um Typen zu bilden, für die Aussagen über die Menge und Art der enthaltenen Baustoffe getroffen werden. Eine Übersicht über dieses Spektrum der verwendeten Kriterien gibt Abbildung 51.

Abbildung 51 Kriterien zur Beschreibung von Bauwerksarten



Quelle: Eigene Darstellung

Je nach Quelle werden ein oder mehrere Kriterien für die Beschreibung kombiniert und auch innerhalb der einzelnen Kriterien wurden verschiedene Klassen gebildet. Dies steht im Zusammenhang mit landesspezifischen Besonderheiten von Konstruktionsweisen sowie der Verfügbarkeit von Daten, die den Einsatz der MKZ erst ermöglichen und an denen die Charakteristika entsprechend ausgerichtet worden sind.

Kontextübergreifende Übertragbarkeit von Materialkennziffern

Für die Abschätzung der Übertragbarkeit von MKZ aus nichtdeutschen Quellen und ihre Anwendung im KartAL IV-Projekt wären die jeweiligen landesspezifischen Konstruktionsweisen im Detail zu überprüfen. Dies ist momentan Gegenstand des wissenschaftlichen Diskurses (z. B. Schiller et al. 2018).

Auch in vorangegangenen, thematisch verwandten und vom Umweltbundesamt geförderten Projekten wie KartAL I und II (Schiller et al. 2015, Hedemann et al. 2017) sowie „Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung“ (Schiller et al. 2010) und Deilmann et al. (2014, 2017) wurde der bottom-up-Ansatz verwendet und näher beschrieben, wie bei der Bildung von MKZ (in den genannten Projekten bspw. auch „Baustoffkennwerte“ genannt) vorgegangen wird. Hedemann et al. (2017) stellen fest, dass bisher für Deutschland keine regionalisierten Materialkennziffern verfügbar sind. Auch wurde auf den Aufwand hingewiesen, diese zu generieren. Inwieweit eine Regionalisierung überhaupt sinnvoll ist, lässt sich bislang nicht abschließend beantworten.

Insgesamt wird das Thema Regionalisierung bzw. Übertragbarkeit von MKZ bislang wenig explizit diskutiert. De facto findet die Diskussion jedoch insofern statt, dass viele vorliegende Studien auf eigene MKZ zurückgreifen, die unter Beachtung regionaler Bauspezifika definiert sind. Diese Regionalisierung bezieht sich aber vor allem auf die Berücksichtigung von Unterschieden zwischen Ländern mit deutlich abweichenden Bautraditionen und Bauweisen (z. B. MKZ für Deutschland – IÖR (o.J. a), für Japan – Tanikawa und Hashimoto (2009) oder für Vietnam – Bimesmeier et al. (2017)). Großmaßstäbliche Differenzierungen der MKZ (z. B. für Regionen in Deutschland) werden dagegen nicht vorgenommen. Dennoch werden bottom-up-MFA auch für Regionen angewendet. Die Regionalisierung wird hierbei anhand der Daten zur Beschreibung der Bauwerksmenge vorgenommen.

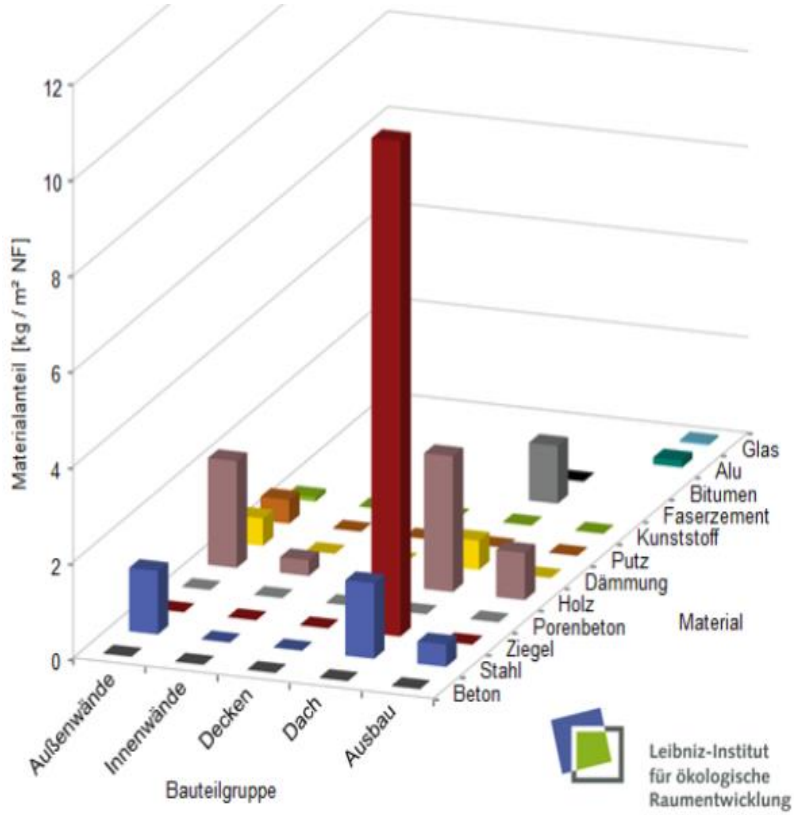
Unsicherheiten

Bei der Definition und Anwendung von MKZ entstehen Unsicherheiten. Hiermit befassen sich unterschiedliche Studien wie Ortlepp et al. (2016 b). oder Kleemann et al. (2016). Die Methoden, Unsicherheiten zu reflektieren sind unterschiedlich. Sie reichen von Sensitivitätsbetrachtungen über Vergleiche empirischer Daten aus unterschiedlichen Quellen bis hin zu detaillierten Analysen zu den verwendeten empirischen Grundlagen. Eine wesentliche Aussage dessen ist, dass Unsicherheiten mit der inhaltlichen und räumlichen Differenzierung der generierten Informationen zunehmen.

Differenzierung von Materialkennziffern nach Gebäudetypen und Bauteilen

Ein Aspekt, der unter Recyclinggesichtspunkten von Interesse sein kann, ist die Verortung verbauter Materialien in konkreten Bauteilen. Das in Kapitel 2.2.2.3 bereits angesprochene Informationsportal zu Bauwerksdaten (IÖR o.J. a) differenziert MKZ nach Bauwerkstypen und nach Bauteilen. Abbildung 52 zeigt beispielhaft für ein landwirtschaftliches Gebäude die Verteilung der Baustoffe in der nichttragenden Konstruktion.

Abbildung 52 Verteilung der Baustoffe bei den analysierten Landwirtschaftsbauten in der nichttragenden Konstruktion



Quelle: Ortlepp et al. (2017)

Anhand dieser Daten ist es grundsätzlich möglich, Aussagen zur Materialzusammensetzung und -verteilung von Gebäuden in unterschiedlicher Differenzierung zu treffen (nach Nutzung, Konstruktionsweise, Größe, etc.).

In dem angesprochenen Informationsportal (IÖR o.J. a) wird folgende Strukturierung der MKZ angeboten:

- nach Nutzungsart (Wohngebäude oder Nichtwohngebäude; bei Nichtwohngebäuden spezifischer nach Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, landwirtschaftliche Betriebsgebäude, Fabrik- und Werkstattgebäude, Handels- und Lagergebäude, Hotels und Gaststätten, sonstige nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude sowie sonstige Nichtwohngebäude)
- für Wohngebäude nach Größe (EFH, ZFH, MFH) und Baualtersklasse (E/ZFH: bis 1960, 1961 – 1990, 1991 – 2010; MFH: bis 1918, 1919 – 1948, 1949 – 1978, 1979 – 1990, 1991 - 2010).

Differenziert werden zehn verschiedene Baumaterialgruppen: Putze, Estriche und andere Mörtelschichten, Betone, Mauersteine, Bauplatten, Holz und Holzwerkstoffe, Wärmedämmstoffe, Dachdeckungen, Beläge und Dichtungsbahnen, Sonstige gebräuchliche Stoffe und Schüttungen, Metalle.

Dieses Informationsportal bietet eine zusammenfassende Darstellung einer weitaus umfassenderen Datenbank, die eine erhebliche Flexibilität für die Generierung neuer Typen ermöglicht, wie etwa differenziert nach Bauweisen. Beispielhaft ist dies in Schiller et al. (2018) dargestellt, wo die kontextübergreifende Übertragbarkeit von MKZ am Beispiel des deutschen und des japanischen Kontextes diskutiert wird. Diese Typengenerierung erfordert jedoch ein erhebliches Expertenwissen in Bezug auf die jeweiligen Bauwerksbestände, auf welche die Kennzahlen angewendet werden sollen. U. a. aus diesem Grund ist die differenzierte Datenebene in dem angesprochenen Informationsportal nicht frei zugänglich.

4.2.1.2 Beschreibung des Bauwerksbestandes mit Sachdaten und Geodaten

Zusammensetzung des Bauwerksbestands

Bundesweit wird in Deutschland für Wohngebäude die Wohnfläche in jährlich erscheinenden Statistiken zum Wohnungsbestand ausgewiesen (Destatis o.J.). Diese wird aufgeschlüsselt nach Anzahl an Gebäuden mit 1, 2 oder 3 und mehr Wohnungen. Zusätzlich gibt es die Kategorie Wohnheime, die jedoch nur einen sehr kleinen Anteil (0,3 – 1 % je nach Bundesland) am Wohnungsbestand ausmacht (Statistisches Bundesamt 2020). Wohngebäudebestände können nach Baualtersklassen unterschieden werden, basierend auf den jüngsten Vollerhebungen und den Zusatzerhebungen zum Mikrozensus (4-Jahressrhytmus) (Statistisches Bundesamt 2016), und fortgeschrieben durch Zu- und Abgänge. Letztere werden jährlich berichtet. Auskunft über die Baualtersverteilung des Wohngebäudebestands liefert auch der Forschungsbericht „Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016“ des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH (Cischinsky und Diefenbach 2018).

Für Nichtwohngebäude liegen keine Angaben zum Bestand aus der amtlichen Statistik vor. Vorliegende Untersuchungen verwenden deshalb unterschiedliche Schätzmethoden, um sich an die Bestandszahlen an Nichtwohngebäuden anzunähern. Ortlepp et al. (2016a) nutzen hierfür z. B. finanzstatistische Daten (das Bruttoanlagevermögen), um eine entsprechende Schätzung auf Bundesebene vorzunehmen. Auf regionaler Ebene sind die entsprechenden finanzstatistischen Daten nicht abrufbar.

Kleemann et al. (2016) kombinieren unterschiedliche Geodatenprodukte, um Aussagen zu Nichtwohn-Gebäudebestände für die Stadt Wien zu treffen. Sie nutzen eine topographische Karte der Wiener Stadtvermessung als Grunddatensatz, die u. a. Angaben zur Fläche und relativen Höhe jedes Gebäudes und Gebäudeteils enthält (Unterteilung erfolgt, sofern ein Gebäude unterschiedlich hohe Teile hat). Diesem werden Attribute zur Gebäudenutzung und Konstruktionsperiode aus verschiedenen Quellen hinzugefügt. Die derart verfügbaren Daten geben die Randbedingungen für die einsetzbaren Materialkennziffern vor, sowohl hinsichtlich der erzielbaren Typenbildung wie auch der verwendbaren Mengeneinheit (hier m^3). Tanikawa et al. (2009) verwenden ein 4-D Modell (3D+Zeit). Sie nutzen dabei 3-dimensionale Daten zur

Abbildung von Gebäudevolumina, denen sie Attribute wie z. B. urbane Formtypen und Etagenanzahl hinzufügen. Sie unterscheiden darüber hinaus oberirdische und unterirdische Bauwerke. Für den deutschen Kontext ist es im hier diskutierten Zusammenhang wesentlich, dass verfügbare Geodaten die Möglichkeit eröffnen, Nichtwohngebäudebestände abzubilden, was auf Grundlage von Sachdaten nicht gelingt (s. hierzu Ausführungen in Abschnitt 4.5.3.1)

Bestandsveränderungen

Bestandsveränderungen resultieren aus Neubau, Abriss oder Maßnahmen an bestehenden Gebäuden. Für fertiggestellte Bauvorhaben ist eine Unterscheidung in „Bauvorhaben insgesamt" (einschließlich Maßnahmen an bestehenden Gebäuden) und „Errichtung neuer Gebäude" möglich (Statistisches Bundesamt o.J. b). Die Bautätigkeitsstatistik berichtet auch Bautätigkeit bezogen auf Nichtwohngebäude - Nutzflächen zu Neubau, Abgang und Maßnahmen an bestehenden Gebäuden.

Vorliegende Zeitreihen ermöglichen eine Rückschau auf das Baugeschehen vergangener Jahre. Prospektiv können Bezüge zu vorliegenden Bevölkerungsberechnungen zum Bauwerksgeschehen hergestellt werden. In der Regel werden hierfür entsprechende prognostische Schätzverfahren angedockt (s. z. B. Schiller et al. 2010, 2017 a). Für Vorausberechnungen der Wohngebäudedynamik finden demografische Veränderungen (Einwohner, Haushalte) ebenso Beachtung wie bestandsbezogene Parameter (Leerstand). Für Nichtwohngebäude gehen Bestandsbezüge allenfalls indirekt ein. So verwenden Deilmann et al. (2014) bevölkerungsbezogene Kenngrößen der Bau- und Abrisstätigkeit für Nichtwohngebäude und kombinieren dies mit einer „Zuwachsdeckelung": „Im Jahr 2050 soll die dann vorhandene Nutzfläche einschließlich Leerstand je Einwohner nicht über + 30 % über dem heutigen Niveau liegen […]" (Deilmann et al. 2014, Seite 91 ff). Dies setzt entsprechende Schätzungen zum Ausgangsbestand für Nichtwohngebäude voraus.

Zur Berücksichtigung von Maßnahmen an bestehenden Gebäuden finden sich u. a. Ansätze aus Gruhler und Böhm (2011) und Deilmann et al. (2014). Grundlage für die Durchführung derartiger Berechnungen bilden Annahmen zu:

- Sanierungsraten, die berücksichtigen in welchen Zeitabständen Gebäude saniert werden und daraus den in einem Jahr sanierten Anteil des Gesamtgebäudebestands ableiten.
- Sanierungsanteil, der das Verhältnis jährlicher sanierungsbedingter Input- und Outputströme in Bezug zum insgesamt im Gebäude verbauten Material beschreibt unter Berücksichtigung angenommener Sanierungsmaßnahmen und damit verbundener Materialströme.

Für Wohngebäude legten Gruhler und Böhm (2011) z. B. eine Sanierungsrate von jährlich 3 % fest, davon ausgehend, dass alle 30 bis 35 Jahre eine grundhafte Sanierung stattfindet (in Abgrenzung davon sind Maßnahmen energetischer Ertüchtigungen zu sehen).). Eine weitere Quelle für Sanierungsraten von Mehrfamilienhäusern liefert die „Prognose der Bestandsmaßnahmen und Neubauleistungen im Wohnungsbau und Nichtwohnungsbau" des BBSR (2016). Die hier vorgestellten Raten basieren auf Daten aus Heizkostenabrechnungen und Energieausweisen und berücksichtigen unterschiedliche Sanierungswahrscheinlichkeiten.

Ältere Arbeiten von Görg (1997) quantifizieren Materialströme aus Sanierungsarbeiten auf Grundlage angenommener Sanierungszyklen.

Untersuchungen von Deilmann et al. (2014) beziehen neben Wohn- auch Nichtwohngebäude ein und treffen entsprechende Annahmen zu Sanierungsraten, die sie mit Experten der Bauwirtschaft im Rahmen transdisziplinär ausgerichteter Veranstaltungen abgestimmt hatten.

Außerordentliche Instandsetzungsnotwendigkeiten außerhalb „regulärer“ lebenszeitbezogener Sanierungen, wie sie z. B. im Schadensfall nach Hochwasser- oder Extremwetterereignissen auftreten können, werden nicht berücksichtigt. Die Besonderheit hier ist die fehlende Vorhersehbarkeit.

Die mit Geodaten abbildbaren Veränderungen des Gebäudebestands beschränken sich grundsätzlich auf von außerhalb des Gebäudes ersichtliche Änderungen, also Neubau, Abriss und Erweiterungsbauten. Im Gebäude stattfindendes Sanierungsgeschehen wird nicht mit abgebildet. Denkbar wäre eine Abbildung der Dynamik, wenn Geodaten zu unterschiedlichen Zeitpunkten miteinander verglichen werden. Eines von mehreren Problemen dabei ist der Umgang mit Ersatzneubau, der nicht ohne weiteres zu detektieren ist. In vorliegenden Studien wird auch bezüglich der Geodaten der Weg gewählt, Dynamik mithilfe zusätzlicher Parameter und Modellen unabhängig der Geodaten-Grundlage zu simulieren. So nutzen beispielsweise Tanikawa und Hashimoto (2009) dazu eine 4D-GIS Datenbank, um die Abrissrate im untersuchten Gebiet anhand einer logistischen Funktion zu errechnen und auf dieser Basis durch Extrapolation künftige Entwicklungen zu schätzen. Die Abrissrate ist dabei abhängig vom Gebäudeerrichtungszeitpunkt und durchschnittlicher Lebensdauern von Gebäuden.

Verwertungspotenzial in Bezug auf Baustoffabgänge

Von besonderem Interesse sind technische Parameter in Bezug auf das Erfassen und Aufbereiten von Bauabfällen, in Bezug auf die Verwendbarkeit der produzierten Sekundärmaterialien bei der Herstellung neuer Baustoffe sowie in Bezug auf weitere Verwertungsmöglichkeiten. Hierbei sind Regelwerke von Interesse, die entsprechende Vorgaben machen, aber auch technische Potenziale, die bislang keinen Eingang in Regelwerke gefunden haben.

Schiller et al. (2017 a) beschäftigen sich explizit mit dieser Fragestellung. Sie integrieren abfallwirtschaftliche und ingenieurtechnologische Module in ein durchgehendes MFA-Modell (Continuous MFA) und ermöglichen damit eine durchgehende Quantifizierung von Materialkreisläufen. Dies wird am Beispiel der Zuschlagsstoffe in Beton ausgeführt. Andere der betrachteten Quellen erwähnen in diesem Zusammenhang, dass nach Bauelementen ausdifferenzierte Materialkennziffern zur besseren Abschätzung des Recyclingpotenzials beitragen, ohne dies aber weiter mit Parametern explizit zu untersetzen.

Neben dem Recycling werden weitere Verwertungsarten unterschieden. Bezogen auf nichtmetallische mineralische Abfälle sind hier vor allem die Verfüllung ehemaliger Tagebaue und der Deponiebau zu nennen. Letzteres ist zu unterscheiden von der Deponierung, welche keine Verwertung, sondern eine Beseitigung darstellt. Verwertung und Beseitigung wird in der Abfallwirtschaft unter dem Begriff Entsorgung zusammengefasst. Welche Verwertungsoptionen für abfließende Materialien grundsätzlich geeignet sind, ist insbesondere abhängig von deren Qualitätseigenschaften. Schiller et al. (2016) thematisierten dies am Beispiel mineralischer Bauabfälle bezogen auf die Region „Freistaat Sachsen“. Sie berechneten Abflüsse aus dem sächsischen Bauwerksbestand differenziert nach Abfallarten und beschrieben diese entlang von Qualitätsklassen, wie sie in der LAGA M20 und anderen relevanten Verordnungen vorgegeben sind. Diese Qualitätsbeschreibung erlaubt einen direkten Bezug zwischen Abflüssen und Entsorgungsoptionen (insbesondere Recycling, Verfüllung, Deponiebau, Deponie). Hinzuweisen ist auf die damit einhergehenden großen Unsicherheiten bei der Qualitätsbeschreibung von Abfallfraktionen.

Zum Teil existieren lokale Geodaten mit Informationen, aus denen indirekt auf Informationen in Bezug auf Recyclingfähigkeit geschlossen werden kann. Ein Beispiel sind Baualterskarten. Diese nutzt Heinrich (2016) für Untersuchungsgebiete im Raum München, um Aussagen zu spezifischen Schadstoffbelastungen in Gebäuden zu treffen. Für ausgewählte Schadstoffe (Asbest, synthetische Mineralfasern, Pentachlorophenol (PCP), Polychlorinated biphenyl (PCB),

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAK), Lindan) stellt er Bezüge zwischen der Verwendung der Stoffe und dem Baujahr der Gebäude her, insbesondere unter Beachtung des Zeitpunktes, zu dem die Verwendung des jeweiligen Stoffes verboten wurde.

Von Interesse kann es außerdem sein, ob das Material über oder unter der Geländeoberfläche verbaut ist. Dies kann Einfluss auf die Erfassbarkeit der Materialien beim Gebäudeabriss und damit auf dessen Recyclingfähigkeit haben. Tanikawa und Hashimoto (2009) nehmen in ihrem Geodatensatz eine entsprechende Unterscheidung vor.

Raumbezug

Die berücksichtigten Studien beziehen sich überwiegend auf die nationale Ebene, hier Deutschland, nehmen aber innerhalb dieser Grenzen Raum-Differenzierungen vor. Schiller et al. (2017 a) wählen als Analyseebene Landkreise und kreisfreie Städte und fassen diese in der Auswertung zu sechs Regionstypen zusammen, die sich u. a. nach siedlungsstrukturellen Kriterien und in Bezug auf die Bauwerksdynamik unterscheiden. Dabei wird eine vorliegende Typologie des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung (BBR 2009) verwendet. In Kombination mit Materialkennziffern dient diese Einteilung zur Abbildung regionstypeninterner Materialkreisläufe unter Beachtung verfügbarer Bauabfallmengen und der Baustoffbedarfe im Neubau.

Die maximal erzielbare räumliche Auflösung hängt von der Verfügbarkeit und einzuhaltenden Datenschutzbestimmungen verwendeter Geodaten ab. Gebäudetypen können grundsätzlich auf Baublockebene bzw. bis auf Ebene von Einzelgebäuden lokalisiert und klassifiziert werden.

Zeitbezug

Verwendet werden sowohl statische als auch dynamische MFA-Ansätze sowie die Kombination derer. Sie beziehen sich auf Zeitpunkte (statisch) und Zeiträume (dynamisch), die in der Zukunft, Gegenwart wie auch in der Vergangenheit liegen können.

Geodaten stellen den tatsächlichen Bauwerksbestand zu einem definierten Zeitpunkt dar, der durch die Aktualität verwendeter Datenausschnitte bestimmt wird.

4.2.2 Top-down Ansatz

Die sogenannte Eurostat-Methode (Eurostat 2013) ist eine standardisierte Vorgehensweise zur Erstellung gesamtwirtschaftlicher Materialflussanalysen auf der Basis national verfügbarer Handels- und Produktionsstatistiken. Die erzielbare räumliche Ebene hängt von der Verfügbarkeit entsprechender Statistiken ab. In der Regel wird die Methode auf nationaler Ebene angewendet, wurde aber auch bereits mehrfach auf dem regionalen Level angewandt beispielsweise von Barles (2009, 2014), Hammer et al. (2003, 2006) und Hoekmann und von Blottnitz (2016). Hier sind insbesondere die deutschen Fallbeispiele von Interesse, die für den Stadtstaat Hamburg (Kernstadt und sieben Umlandkreise) sowie die Region Leipzig (Kernstadt und fünf Umlandkreise) erstellt wurden.

Materialarten

Die betrachteten Studien verwenden übergeordnete Materialgruppen. So unterscheidet etwa die Hamburg und Leipzig als Fallbeispiele verwendende Studie (Hammer et al. 2006) in die fünf Kategorien Chemische Produkte, Fossile Energieträger und Produkte, Mineralien und Baustoffe, Biomasse und Biomasseprodukte und andere Güter. Eine nur auf den Bausektor beschränkte Auswertung wird dadurch erschwert, dass keine konkrete Zuordnung erfolgt, wohin die Materialien fließen – also z. B. ob in Gebäude oder Infrastrukturen bzw. beispielsweise bei Holz welcher Anteil überhaupt im Bausektor eingesetzt wird.

Zusammensetzung des Bauwerksbestands

Das Handbuch für die Eurostat-Methode verweist darauf, dass, um den Materialbestand zu quantifizieren, prinzipiell auch Materialkennziffern verwendbar sind (Eurostat 2013) – was einer Kombination aus top-down und bottom-up Methode entspräche. Die untersuchten Quellen nutzen diese Vorgehensweise nicht, da sie keine Materialbestände betrachten, sondern nur den Netto-Lagerzuwachs und den Materialdurchsatz. Materialbestände ließen sich bei Anwendung dieses Vorgehens für mehrere Referenzjahre indirekt (kumuliert) berechnen. Dieses Vorgehen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden (Schiller et al. 2015).

Bestandsveränderungen

Materialflüsse werden als Inputs und Outputs der untersuchten Region abgebildet. Diese resultieren aus lokalen Extraktionen, Importen, Emissionen in die Natur und Exporten sowie ungenutzten, indirekten und ausgleichenden Flüssen. Die Dynamik im Bestand, welche die Flüsse auslöst, bleibt unberücksichtigt (z. B. Bautätigkeit, Abrisstätigkeit, Sanierungstätigkeit). Je nach Erkenntnisinteresse der Fallstudien wird nicht immer das Gesamtsystem betrachtet, sondern auch ausgewählte Ströme.

Die Eurostat-Methode erlaubt eine gewisse Freiheit bei der Zuordnung und Differenzierung der Ströme. Um etwa das Zusammenspiel zwischen der Stadt Paris und dem sie umgebenden Umland bei der Abfallentsorgung zu zeigen, unterscheidet Barles (2009) „Exporte“ in „Abfallexporte“ und „andere Exporte“. „Flüsse in die Natur“ werden unterschieden in „lokale Flüsse in die Natur“ und „entfernte Flüsse in die Natur“, Abfallströme in lokal behandelte, oder in die Natur abgegebene und exportierte. Auch anderen regionalen Besonderheiten kann Rechnung getragen werden: So berücksichtigen Hoekman und von Blottnitz (2016) die Problematik von illegalen Abfalldeponien, da diese ein großes Problem in Kapstadt darstellen, indem sie sie zur „Inlands“extraktion und zu Flüssen in die Natur hinzuzählen. Ungeachtet dessen bleiben der Differenzierung der Materialflüsse enge Grenzen gesetzt.

Verwertungspotenzial in Bezug auf Baustoffabgänge

Die Eurostat-Methode zielt nicht auf eine Abbildung der Materialdynamik innerhalb von Beständen ab. Aussagen zum Recyclingpotenzial lassen sich damit ohne methodische Erweiterungen nicht treffen. Diese methodischen Erweiterungen beziehen sich auf Hinzuziehung weiterer Datenquellen, mit denen sich Annahmen zu Recyclinganteilen bestimmter Stoffe begründen lassen (Barles 2014, Mayer et al. 2018), oder auf die Kombination von bottom-up und top-down Ansätzen (Schiller et al. 2015).

Raumbezug

Ursprünglich für die nationale Ebene entwickelt, ermöglicht die Eurostat-Methode grundsätzlich eine Betrachtung auf regionaler Ebene. Dies setzt aber voraus, dass für die jeweilige Region entsprechende gesamtwirtschaftliche Daten verfügbar sind. Dies trifft in Deutschland für Bundesländer und in Einzelfällen für Großstadtregionen zu.

Zeitbezug

Mit der Eurostat-Methode können Materialflüsse bestimmter Jahre sowie Flüsse von Zeitreihen abgebildet werden.

4.2.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung von Bottom- up und Top-down Ansatz

In Tabelle 35 werden die aufgeführten Ansätze unter Beachtung ihrer Potenziale und Einschränkungen mit Bezug zu regionalen Materialkatastern zusammenfassend gegenübergestellt.

Tabelle 35 Ansätze zur Berechnung von Materialbeständen und Materialflüssen regionaler Bauwerksbestände

Bezeichnung	Kurzcharakterisierung	Potenziale	Einschränkungen
Bottom-up	Hochrechnung mit bauwerkstypologischen Materialkennziffern und Informationen zum Bauwerksbestand aus Sachdaten und Geodaten	Hohe Freiheitsgrade bei der Ausdifferenzierung nach Materialgruppen Regionale Aussagen möglich (Gemeinde, z.T. Stadtteilebene) bei der Verwendung von Sachdaten; standortbezogene Aussagen möglich (kleinste Einheit: Einzelgebäude) bei der Verwendung von Geodaten Baualtersbezogene Angaben z.T. verfügbar; ermöglichen Hinweise auf Konstruktionsweise oder Schadstoffe Wohnungsbestände und Bestandsveränderungen (Wohnen, Nichtwohnen) mit Sachdaten abbildbar; tatsächliche Bestände mit Geodaten abbildbar (Wohnen und Nichtwohnen)	Definition von MKZ aufwändig Beschränkung auf in der Statistik berichtete Objekte bei Sachdaten (nur statistisch erfasset Objekte) Räumliche Ausdifferenzierung der Sachdaten an administrative Einheiten gebunden Unterschiedliche Informationsgehalte der Geo-Daten-Produkte Bei Geodaten keine Informationen zur Konstruktionsweise im Bestand Bestandsveränderungen mit Geodaten nicht direkt abbildbar
Top-down	Ableiten von Materialflüssen aus ökonomieweiten Daten, insbes. Handels- und Produktionsstatistik unter Nutzung güterbezogener Materialindikatoren	Umfassende Abbildung von Materialflüssen	Bestände nicht abbildbar Geringe Freiheitsgrade bei der Ausdifferenzierung nach Material- und Gütergruppen (z. B. keine Unterscheidung zwischen Wohnen und Nichtwohnen) Starke Einschränkung bei der regionalen Differenzierung (Anwendbar auf Bundes- und Länderebene und ausgewählte Großstädte)

Quelle: Eigene Darstellung

Bottom-up Ansätze eignen sich demnach grundsätzlich für die Berechnung von regionalen Materialbeständen in Bauwerken und deren Veränderungen. Dies gilt sowohl für geobasierte als auch für sachdatenbasierte Ansätze. Die beiden Ansätze unterscheiden sich in den Möglichkeiten und Einschränkungen.

Top-Down Ansätze eignen sich aufgrund der genannten Einschränkungen nicht für die differenzierte Berechnung von regionalen Materialbeständen in Bauwerken. Im Einzelfall kann diese Methode zur Plausibilisierung von bottom-up ermittelten Werten mit herangezogen werden (Vollständigkeit).

Die Konzeptentwicklung für Materialkataster konzentriert sich im Weiteren auf bottom-up Ansätze.

4.2.4 Abbildung von Dynamik

Die Dynamik von Gebäudebeständen wird von unterschiedlichen Faktoren bestimmt. Bedarfs- bzw. nutzungsbezogene Parameter wie die demografische Entwicklung und die damit einhergehende Bautätigkeit sind neben dem Baualter in besonderem Maße bedeutsam. Vor allem die Errichtung neuer und der Abriss ganzer Gebäude erzeugen Materialflüsse und machen die Dynamik des Bestandes aus. Darüber hinaus tragen auch die Materialflüsse durch Maßnahmen im Bestand wie Umbau, Ausbau, Sanierung sowie Teilabrisse von Gebäudeteilen dazu bei.

Es gibt unterschiedliche Ansätze, um Dynamik im Gebäudebestand abzubilden. Eine Möglichkeit ist es, vergangene und gegenwärtige Trends zu analysieren und sie mittels Koeffizienten in die Zukunft zu projizieren. Dabei spiegeln die verwendeten Koeffizienten entsprechende Trends mit Bezug zu einer relevanten Entwicklungskomponente wider (z. B. Bevölkerungsentwicklung). Eine weitere Möglichkeit bieten Ansätze, die die Lebensdauer bzw. den Lebenszyklus von Gebäuden und Gebäudeteilen berücksichtigen und den Bestand kohortenähnlich in die Zukunft fortschreiben. Teilweise werden diese Ansätze auch miteinander kombiniert (z. B. Abriss und Neubau mittels Koeffizienten, Sanierung mittels Lebensdauer).

4.2.4.1 Zugänge/Neubau ganzer Gebäude

Verwendung der Bautätigkeitsstatistik für Rückschau und Vorausberechnung

Unter Nutzung der Bautätigkeitsstatistik sind retrospektive Betrachtungen möglich (z. B. Schiller et al. 2015). Zahlen zu Baufertigstellungen ganzer Gebäude für Wohngebäude werden auf Gemeindeebene berichtet, bei Großstädten zum Teil auch auf Stadtteilebene. Für Nichtwohngebäude sind Daten auf Landkreisebene nach Nutzungsarten gegliedert frei verfügbar (Statistische Ämter des Bundes und der Länder o.J. a). Für kleinteiligere räumliche Gliederungen können Sonderabfragen an die Statistischen Landesämter erfolgen.

Die Daten zum vergangenen Neubaugeschehen können genutzt werden, um Trendaussagen durch Extrapolationen zu machen. Diese vereinfachte Herangehensweise berücksichtigt keine Trendänderungen, die beispielsweise aufgrund nichtlinearer Bevölkerungsentwicklung entstehen können. Beispiele finden sich z. B. in Görg (1997), Heeren und Hellweg (2018), Deilmann et al. (2014) und Schiller et al. (2010).

Berücksichtigung von Bevölkerungs-, Erwerbstätigen- und anderen Vorausberechnungen

Zur Berücksichtigung des Einflusses der Bevölkerungs- oder Beschäftigungsentwicklungen auf die Neubautätigkeit können verschiedene Herangehensweisen verwendet werden. Heeren und Hellweg (2018) koppeln den Flächenbedarf aus dem Neubau von Wohngebäuden an die Bevölkerungsentwicklung und den als konstant angenommenen pro-Kopf-Flächenverbrauch. Sie gehen davon aus, dass der durch Abriss abgegangene Flächenwert dazu addiert werden muss. Das heißt, dass bei unveränderter Bevölkerungszahl zweier aufeinanderfolgender Jahre zumindest die durch Abriss den Gebäudebestand verlassende Fläche ersetzt wird. Schiller et al. (2017 a) verknüpft für Nichtwohngebäude Bevölkerungsprognosen mit Neubauraten, die aus der Analyse zurückliegender Bautätigkeit generiert werden unter der Annahme, dass der vergangene durchschnittliche pro-Kopf-Wert für die Zukunft angesetzt werden kann.

Die Methoden berücksichtigen nicht, dass die Reaktion auf Bevölkerungszuwachs oder -abnahme in Form steigender oder geringer werdender Bautätigkeit durchaus zeitlich versetzt auftreten kann, bspw. dadurch, dass zunächst bestehende Leerstände den Flächenmehrbedarf auffangen können. Dieser Problematik kann begegnet werden, indem zusätzlich Leerstandsquoten herangezogen werden (Volk et al. 2019). Sie können über prozentuale Annahmen bezogen auf den Wohnungsbestand abgebildet werden (Schiller et al. 2010). Für Vorausberechnungen zur Leerstandsentwicklung verknüpft Volk et al. (2019) die Entwicklung

derselben mit der Nachfrageentwicklung: Bei einer negativen Entwicklung letzterer wird z. B. im Wohngebäudebereich eine Erhöhung der Leerstandsquote angesetzt, bei einer positiven Entwicklung eine Verringerung.

Insgesamt ist für eine möglichst plausible Vorausberechnung von Wohn- und Nichtwohngebäudebedarf ein komplexes Zusammenspiel aus Angebot und Nachfrage abzubilden, was die bisher in diesem Abschnitt beschriebenen Herangehensweisen vereinfacht tun. Andere Ansätze berücksichtigen neben der Bevölkerungsentwicklung siedlungsstrukturelle Merkmale (Demografie-Raumtypen, die das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung aufgestellt hat - BBR (2009)).

Für Vorausberechnungen von Wohngebäudebedarfsentwicklungen können auf Nachfrageseite auch Haushaltstypen berücksichtigt werden, die ein unterschiedliches Nachfrageverhalten aufweisen. Dies inkludiert beispielsweise das IÖR Rechenprogramm "Kommunale Wohnungsnachfrageprognose" (IÖR o.J. b).

Vorhersagen zur Entwicklung des Nichtwohngebäudebestands finden sich aufgrund seiner heterogenen Zusammensetzung nur vereinzelt in der Literatur und meist auf Teilmärkte bezogen, wie etwa die Entwicklung des Büroimmobilienbedarfs in Hamburg (Jones Lang LaSalle GmbH 2011). Darin werden nicht nur die Bevölkerungsentwicklung und der Leerstand berücksichtigt, sondern weitere branchenspezifische Einflussfaktoren. Auf Angebotsseite sind dies bspw. die Baukosten und die Bestandsentwicklung, auf Nachfrageseite die Wirtschaftsentwicklung, die Entwicklung der Bürobeschäftigung, Unternehmensgründungen, lokale politische Aktivitäten u. a.. Außerdem spielt das Mietniveau eine Rolle. Auch BBSR (2018) identifiziert zahlreiche speziell für diesen Bereich geltende Einflussfaktoren wie den Wandel zur Dienstleistungsgesellschaft, die Globalisierung und damit verbundene Auslandsinvestitionen, den Trend zur Just-in-time-Lieferung oder auch die Miniaturisierung der Ausrüstungsgüter. Für detailliertere regionale Vorausberechnungen kann demnach neben der Branchenkenntnis auch das Wissen um lokale Besonderheiten vonnöten sein.

Einen weiteren Ansatz für Nichtwohngebäude verwenden Volk et al. (2019): Hier erfolgt zunächst eine Zuordnung der in der Beschäftigungsstatistik verwendeten Wirtschaftsbereiche zu den Nutzungsarten von Nichtwohngebäuden. Die im jeweiligen Wirtschaftsbereich sozialversicherungspflichtig Beschäftigten werden zur Kennzahlenbildung verwendet, indem die jeweiligen deutschlandweiten Nichtwohngebäudeflächen durch sie dividiert werden. Für letztere wurden für städtische Kreise Daten aus frei verfügbaren Geodaten ermittelt, für ländliche Kreise Daten aus der Literatur abgeleitet (vornehmlich Deilmann et al. 2013). Teils gibt es Ausnahmen von der Eingangsgröße für die Kennzahlermittlung – so werden z. B. die Flächen für allgemeinbildende Schulen auf die Schüleranzahl statt auf die dort Beschäftigten bezogen.

Vorausberechnungen zu Zuflüssen können des Weiteren mittels Expertenbefragungen zu antizipierten Marktentwicklungen erstellt werden, wie sie bspw. Technische Universität Darmstadt [Institut IWAR] (2016) für ausgewählte Nichtwohngebäude im Rhein-Main-Gebiet durchführen. Dieses Vorgehen kann regional sehr ausdifferenzierte Ergebnisse liefern.

4.2.4.2 Abgänge/Abriss ganzer Gebäude

Verwendung der Bautätigkeitsstatistik für Rückschau und Vorausberechnung

Ebenso wie bei der Darstellung der Neubautätigkeit kann auch der Abriss ganzer Gebäude für vergangene Jahre aus der Bautätigkeitsstatistik entnommen werden und für Trendextrapolationen genutzt werden (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2019 a). Regional kostenlos verfügbar ist die Abgangsstatistik für Bundesländer bei den statistischen Landesämtern. Kostenpflichtig sind kleinere räumliche Auflösungen möglich. Technische

Universität Darmstadt [Institut IWAR] (2016) etwa nutzen die Daten des Forschungsdatenzentrums, um für Nichtwohngebäude baualtersklassenabhängige und nach Nutzungstypen unterschiedene, aus den Bauabgängen der Jahre 2000 bis 2013 abgeleitete lineare Funktionen aufzustellen, mit denen sie die Bauabgänge bis 2030 auf Gemeindeebene abschätzen.

Eine zweite Variante aus der Bautätigkeitsstatistik retrospektiv die Abgänge von Wohngebäuden zu bestimmen, besteht darin, aus der Summe des Gebäudebestands im Jahr x und den Baufertigstellungen Jahr x +1 abzüglich des Gebäudebestands im Jahr x+1 die Gebäudeabgänge im Jahr x +1 zu berechnen (z. B. Schiller et al. 2020 a). Die Wohngebäudebestände und –Baufertigstellungen sind auf Gemeinde- bzw. Stadtteilebene verfügbar. Dieses Vorgehen ermöglicht mit frei verfügbaren Daten eine kleinere räumliche Auflösung, vernachlässigt jedoch Umwidmungen zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden und Leerstände.

Die statistischen Erhebungen erfassen nicht alle tatsächlichen Abrisse. Deilmann et al. (2014) gehen für Westdeutschland von jährlich 14.000, für Ostdeutschland von 12.000 nicht erfassten Wohnungsabgängen aus. Davon wird angenommen, dass es sich bei 15 % um den Abriss ganzer Gebäude handelt und zu 85 % um Umnutzung/Zusammenlegung von Wohnungen. Für Nichtwohngebäude ist die Vollabrissquote nutzungsartenabhängig. Sie beträgt 50 % bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden, 30 % bei den Fabrik- und Werkstattgebäuden, 20 % bei den Handels- und Lagergebäuden. Es wird davon ausgegangen, dass sich bei den benannten Nutzungsarten die nicht gemeldeten Abrisse in der gleichen Größenordnung bewegen wie die gemeldeten.

Berücksichtigung von Bevölkerungs-, Erwerbstätigen- und anderen Vorausberechnungen

Zur Berücksichtigung von Trends, die durch veränderte Randbedingungen entstehen, können auch für das Abrissgeschehen verschiedene Vorausberechnungen berücksichtigt werden. Auch die Entwicklung der Gebäudeabgänge steht mit der demografischen in Zusammenhang.

Deilmann et al. (2014) führen die Berechnung des künftigen Nichtwohngebäudeabgangs über den Quotienten Nutzfläche/Einwohner und die Daten aus der Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes durch. Die Quotienten basieren auf der Bildung des Mittelwertes für den Gebäudeabgang zurückliegender Zeiträume. Für die regionale Anwendung können die in vorangegangenen Abschnitten genannten Quellen zu Bautätigkeit und Bevölkerungsprognosen benutzt werden. Aktuell (Stand September 2020) ist die 14. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung mit dem Basisjahr 2018 verfügbar (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2019 b).

Ein Bevölkerungsrückgang kann zunächst auch zu höheren Leerständen führen statt zu mehr Abriss. Dies berücksichtigt Schiller et al. (2017 a) indem für Wohngebäude Expertenschätzungen zum maximal leerstehenden Lager herangezogen werden und diese bei der Kalkulation der Abrisstätigkeit einbezogen werden.

Des Weiteren können Abrisse unter Annahme von Obergrenzen simulierter Leerstandsquoten geschätzt werden. Hier wird davon ausgegangen, dass bei definierter Neubautätigkeit Abriss dann eintritt, wenn die angenommenen Leerstandobergrenzen innerhalb betrachteter Teilbestände erreicht sind (z. B. Schiller et al. 2010).

Baualtersabhängige Methoden

Die vorangehend vorgestellten Methoden berücksichtigen nicht den Einfluss des Baualters auf den Abrisszeitpunkt des Gebäudes. Um dies zu tun, besteht eine Möglichkeit darin, anzunehmen, dass die Nutzungsdauer der Gebäude statistisch gestreut und dabei beispielsweise normalverteilt ist (Görg 1997) oder mit einer Weibullverteilung abgebildet werden kann

(Heeren und Hellweg 2018). Für die fallbeispielbezogene Anwendung muss das Baualter des regionalen Gebäudebestands bekannt sein. Für Wohngebäude ist dies gemeinde- (Statistische Ämter des Bundes und der Länder o.J. b) bzw. bezirksscharf (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2014) aus den Zensuserhebungen 2011 vorhanden. Für Nichtwohngebäude finden sich Angaben zur deutschlandweiten Baualtersklassenverteilung nach verschiedenen Nutzungsarten bspw. in BMVBS (2013a). Des Weiteren werden durchschnittliche Lebensdauern von Gebäuden benötigt. Quellen hierfür sind bspw. die Anlage 2 der Beleihungswertermittlungsverordnung (Stand 9/2009) und Anlage 3 der Sachwertrichtlinie (Stand 9/2012). Sie geben durchschnittliche wohnwirtschaftliche bzw. gewerbliche Nutzungen entsprechend nachstehender Tabelle 36 an. Die bei der Beleihungswertermittlungsverordnung tendenziell kürzeren Nutzungsdauern sind dem unterschiedlichem Zweck der beiden Verordnungen/Richtlinien geschuldet. So verwendet die Beleihungswertermittlungsverordnung die wirtschaftliche Nutzungsdauer, welche zur Bemessung der Restnutzungsdauer herangezogen wird. Die Sachwertrichtlinie bezieht sich dagegen auf die Gesamtnutzungsdauer.

Tabelle 36 Durchschnittliche Nutzungsdauern nach Beleihungswertermittlungsverordnung und Sachwertrichtlinie

Beleihungswertermittlungsverordnung		Sachwertrichtlinie	
Gebäudenutzung	**Durchschnittliche Nutzungsdauer [Jahre]**	**Gebäudenutzung**	**Durchschnittliche Nutzungsdauer [Jahre]**
Wohnhäuser	25 bis 80	Freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser, Doppelhäuser, Reihenhäuser	60 bis 80
		Mehrfamilienhäuser	60 bis 80
		Wohnhäuser mit Mischnutzung	60 bis 80
Geschäfts- und Bürohäuser	30 bis 60	Geschäftshäuser	50 bis 70
		Bürogebäude, Banken	50 bis 70
-	-	Gemeindezentren, Saalbauten, Veranstaltungsgebäude	30 bis 50
-	-	Kindergärten, Schulen	40 bis 60
Warenhäuser, Einkaufszentren	15 bis 50	Kauf-/Warenhäuser	40 bis 60
Hotels und Gaststätten	15 bis 40	Beherbergungsstätten, Verpflegungseinrichtungen	30 bis 50
Landwirtschaftlich genutzte Objekte	15 bis 40	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	20 bis 40
Kliniken, Reha-Einrichtungen, Alten- und Pflegeheime	15 bis 40	Wohnheime, Alten-/Pflegeheime	40 bis 60
		Krankenhäuser, Tageskliniken	30 bis 50
Lagerhallen, Produktionsgebäude	15 bis 40	Betriebs-/Werkstätten, Produktionsgebäude	30 bis 50
		Lager-/Versandgebäude	30 bis 50
Freizeitimmobilien, z. B. Sportanlagen	15 bis 30	Sporthallen, Freizeitbäder/Heilbäder	30 bis 50
Parkhäuser	15 bis 40	Tief- und Hochgaragen als Einzelbauwerk	30 bis 50
-	-	Einzelgaragen	50 bis 70
SB- und Fachmärkte, Verbrauchermärkte	10 bis 30	Verbrauchermärkte, Autohäuser	20 bis 40
Tankstellen	10 bis 30	-	-

Eine andere Variante ist das Verwenden von Überlebensfunktionen. Diese stellen den prozentualen Anteil von Gebäuden eines Baujahres/einer Baualtersklasse dar, die jährlich bestehen bleibt. Tanikawa und Hashimoto (2009) verwendet dafür eine logistische Funktion, mit der aus vergangenen Abrisstätigkeiten künftige abgeschätzt werden können. Die Anwendung dieses Vorgehens ist nur möglich, wenn ausreichend Daten zu zurückliegenden Abrissaktivitäten vorhanden sind, um die Kurve zu berechnen (bei Tanikawa und Hashimoto 2009 sind dies mehrere Dekaden).

Aksözen et al. (2017) verwenden zur Schätzung der Gebäudelebensdauer das Verfahren „Kaplan-Meier-Schätzer“ Dieses berücksichtigt neben dem Alter der abgerissenen Gebäude auch „überlebende“ Gebäude. Diese beiden genannten Verfahren eignen sich nur bedingt für Extrapolationen, da sich verändernde Trends nicht abgebildet werden können.

4.2.4.3 Maßnahmen an bestehenden Gebäuden

Bautätigkeitsstatistik

Die Bautätigkeitsstatistik dokumentiert neben der Anzahl der Errichtung neuer Gebäude auch die von Maßnahmen an bestehenden Gebäuden, sowohl von Wohn- als auch Nichtwohnbauten. Problematisch ist hier jedoch, dass sich kein Umfang und keine Art der Maßnahmen angegeben werden.

Baualtersunabhängige Betrachtung

Sanierungsmaterialflüsse können anhand gleichbleibender jährlicher Sanierungsraten und dem damit verursachten prozentualen Sanierungsanteil an Materialinputs- und –outputs geschätzt werden (Deilmann et al. 2014, Gruhler und Böhm 2011). Sanierungsraten werden hierbei basierend auf üblichen Sanierungszyklen und Bauteilnutzungsdauern definiert.

Baualtersabhängige Methoden

Um dem Umstand gerecht werden zu können, dass die Baualters(klassen)verteilung regional große Unterschiede aufweisen kann und dementsprechend ebenso der Bedarf an Maßnahmen am bestehenden Gebäude, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Maßnahmen gekoppelt an das Baualter in bestimmten Intervallen wiederholen. Da nicht alle Gebäude einer Altersklasse gleichzeitig renoviert/modernisiert werden, kann für sie eine Verteilungsfunktion beispielsweise in Form der Gaußschen Normalverteilung (Görg 1997) oder einer konditionellen Weibull-Funktion (Heeren und Hellweg 2018) angenommen werden. Görg (1997) etwa geht davon aus, dass das Erhaltungsintervall für Modernisierungen mit 30 Jahren, für Renovierungen mit 10 Jahren angenommen werden kann. Dies stellt den Mittelwert der jeweiligen Normalverteilung dar.

4.3 Datenquellen zur Beschreibung des Gebäudebestandes

4.3.1 Sachdaten

Daten der amtlichen Statistik berichten über Bestände und Bestandsveränderungen von Gebäuden - zu hierzu deutschlandweit verfügbaren Daten siehe die Übersicht in Tabelle 37. Fallbeispielbezogen können weitere Daten und/oder welche mit tieferer räumlicher Gliederung als die genannten zur Verfügung stehen.

Angaben zu Gebäudebeständen beschränken sich auf Wohngebäude. Unterschieden werden Ein- und Zweifamilienhäuser von Mehrfamilienhäusern unterschiedlicher Größenklasse. Jährlich berichtet wird deren Anzahl basierend auf einer Fortschreibung der Erhebungen des jüngsten Zensus (derzeit 2011 – Stand September 2020) mittels Daten aus der Bautätigkeit. Kleinste

Raumeinheit ist die Gemeindeebene. Großstädte verfügen in der Regel über kleinteiligere Angaben.

Bestandsveränderungen werden auf Gemeinde- oder Kreisebene (Zugänge) bzw. auf Bundeslandebene und teils auf Kreisebene (Abgänge) jährlich sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude berichtet. Wohngebäude werden dabei nach Größenklassen (EFH, ZFH, MFH), Nichtwohngebäude nach neun verschiedenen Nutzungsarten unterschieden. Bei Nichtwohngebäuden wird eine Kappungsgrenze nach unten angewendet: Bagatellbauten werden nicht berichtet (unter 350 m^3 BRI oder unter 18.000 € veranschlagter Kosten; Ausnahme: solche mit Wohnraum). Unberichtet bleiben zudem behelfsmäßig errichtete Nichtwohngebäude, temporäre errichtete Unterkünfte, Unterkünfte „mit geringem Wohnwert“ und Unterkünfte kleiner 50 m^2.

In der Unterscheidung früheres Bundesgebiet und neue Länder und Berlin wird neben dem Merkmal „Nutzung“ zusätzlich das Merkmal „überwiegend verwendeter Baustoff“ berichtet. Dies bezieht sich auf die tragende Konstruktion neu errichteter Gebäude und lässt, wie näher unter 4.4.1 beschrieben, Rückschlüsse auf die Konstruktionsweise zu.

Grundsätzlich wird die Bautätigkeit auf Gemeindeebene erfasst. Sonderauswertungen sind somit grundsätzlich auf dieser Ebene möglich. Gemeinden verfügen in der Regel über Daten zur Bautätigkeit bezogen auf ihr Zuständigkeitsgebiet. Sonderauswertungen sind kostenpflichtig. Die Höhe der Kosten orientiert sich am Umfang der Merkmale und dem Aufbereitungsaufwand durch die statistischen Behörden.

Eine Beispiel-Anfrage beim Statistischen Landesamt des Freistaates Sachsen ergab, dass die Merkmalsausprägung „überwiegend verwendeter Baustoff“, im Neubau von Gebäuden für einen Preis von 60 € für alle Gemeinden des Landkreises Meißen bereitgestellt werden kann, gegliedert nach der Systematik, wie sie in der Bautätigkeitsstatistik für Wohn- und Nichtwohngebäude berichtet werden. Darüber hinaus ist es möglich, die Angaben auch bezogen auf Wohn- und Nutzfläche abzufragen (statt wie in der Bautätigkeitsstatistik veröffentlicht nur auf Anzahl und Rauminhalt). Dabei entstehen weitere Kosten. Die Daten beziehen sich in jedem Fall nur auf neu errichtete Gebäude, für Maßnahmen an bestehenden Gebäuden und Abgänge wird das gewünschte Merkmal nicht erfasst.

Neben den in Tabelle 37 aufgeführten Datenprodukten stehen lokal weitere Daten zur Verfügung, zum Teil in einer tieferen räumlichen Ebene unterhalb der Gemeindeebene. Dies trifft z. B. für die Stadt Dresden zu, deren statistisches Amt einige der Merkmale auf der Ebene der Stadtteile veröffentlicht (Landeshauptstadt Dresden 2018). Darüber hinaus sind über die statistischen Landesämter kostenpflichtige Sonderabfragen möglich. Sonderabfragen sind auch grundsätzlich über die Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder möglich, mit der Einschränkung, dass die zur Verfügung gestellten Daten ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden. Die entstehenden Kosten hängen von der Anzahl der abgefragten Merkmale und Datensätze ab (Art der Statistik und Jahr) (Statistische Ämter des Bundes und der Länder o.J. c).

4.3.2 Geodaten

Zu den Informationsquellen für die „Region“ zählen neben Sachdaten (insb. Statistiken) auch Geobasisdaten und Bilddaten der Fernerkundung. Geobasisdaten und Fernerkundungsdaten lassen sich unterscheiden in Vektordaten und Rasterdaten.

Ziel der Auswertung der genannten Daten ist die Beantwortung der Frage, inwieweit aus Geodaten bauwerksbezogene Daten gewonnen werden können.

4.3.2.1 Vektordaten

Zur Informationsgewinnung oben genannter Kenngrößen eigenen sich die Vektordaten der Geobasisprodukte ATKIS, ALKIS und LoD sowie die Kombination dieser Daten.

ATKIS

ATKIS, das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem, ist ein Projekt der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) zur Beschreibung der Topografie Deutschlands in einer geotopografischen Datenbasis. Den Nutzern steht ein einheitlicher Grunddatenbestand zur Verfügung, der länderübergreifend als Mindestinhalt festgelegt worden ist. Zudem führen die Länder länderspezifische Daten. ATKIS umfasst Digitale Landschaftsmodelle (DLM), Digitale Geländemodelle (DGM), Digitale Topografische Karten (DTK) und Digitale Orthophotos (DOP). Auf die beiden letzteren wird unter Rasterdaten Bezug genommen.

Für die Abbildung bauwerksbezogener Daten ist insbesondere das Digitale Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) von Interesse. In digitalen Landschaftsmodellen (DLM) werden Geobasisdaten für topographische Objekte der Erdoberfläche abgespeichert. Das ATKIS Basis-DLM orientiert sich am Informationsgehalt der Topographischen Karte im Maßstab 1:25 000, wobei eine höhere Lagegenauigkeit für die wichtigsten Objekte angestrebt wird (ca. ± 3 m). Die turnusmäßige Grundaktualisierung der Daten für das gesamte Bundesgebiet erfolgt in einem mindestens fünfjährigen Zyklus, zunehmend aber schon in zwei- bis dreijährigen Abständen. Wichtige Objektarten wie beispielsweise das Straßen- und Schienennetz werden innerhalb 1/4 bzw. 1 Jahres aktualisiert. Der Objektartenkatalog des ATKIS-Basis-DLM gliedert in Objektbereiche. Ein wesentlicher Objektbereich ist die „Tatsächliche Nutzung“. Diese ist untersetzt in die Objektartengruppen Siedlung, Verkehr, Vegetation und Gewässer, welche die Erdoberfläche vollständig und redundanzfrei abbilden. Der Objektartenkatalog des ATKIS-Basis-DLM enthält zwar auch einen Objektbereich Gebäude. Dieser ist jedoch nicht mit Daten untersetzt, da die Gebäude maßgeblicher Bestandteil von ALKIS sind und aus diesem zur Verfügung gestellt werden sollen. Eine Ausnahme bildet hier Sachsen.

ATKIS-Daten enthalten Daten zu Gebäudegrundflächen. Dabei handelt es sich um Flächen zusammenhängender Gebäudeblöcke, die mehrere Einzelgebäude umfassen können. Ein direkter Gebäudebezug ist also nicht vorhanden. Mit Hilfe entsprechender Analysemethoden lassen sich jedoch Rückschlüsse auf Einzelgebäude ziehen. Dies leistet z. B. das vom IÖR entwickelte Analyseverfahren SEMENTA (SettlementAnalyzer) (Meinel et al. 2008). SEMENTA ermöglicht die grobe Typisierung vorliegender Gebäudepolygone, wobei der Algorithmus eine Vielzahl von Kennwerten wie z. B. Form- und Abstandsmaße berechnet. Für städtische Strukturen liefert dieses Werkzeug vergleichsweise verlässliche Ergebnisse. Erhebliche Unsicherheiten zeigen sich jedoch bei der Anwendung im ländlichen Kontext (Schiller 2010).

ALKIS

ALKIS ist das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem, welches die Nachweise des Liegenschaftskatasters Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB) und Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) zusammengeführt hat. Seit Dezember 2015 ist ALKIS in allen Bundesländern eingeführt. In ALKIS sind die Inhalte des Liegenschaftskatasters in einer Vielzahl von Objektarten abgelegt, wobei jede Objektart durch Attribute und Relationen untersetzt wird. Hierbei werden u. a. Angaben zum Flurstück, zur Lage, zur Geschossigkeit, zur Eigentumssituation, zu Gebäuden, zur Tatsächlichen Nutzung usw. gemacht. Die Objektarten sind in separaten Layern abgelegt und unterliegen strengen Datenschutzregeln und damit Zugriffsbeschränkungen. Von besonderem Interesse für das Materialkataster sind Angaben zum Flurstück und zum Gebäude. Hierbei gibt es diverse Attribute und Werte, wobei allerdings im Einzelfall zu prüfen ist, inwieweit diese Attribute wirklich mit Werten untersetzt sind. ALKIS

ermöglicht Aussagen zur Größe (Grundfläche, Geschossigkeit), zur Nutzung, zur Eigentümerart und zum Baualter, sofern die Attribute belegt sind und zugänglich gemacht werden können. In ALKIS sind auch Attribute über unterirdische Gebäudeteile und die Geschossanzahl angelegt. Die Führung der Attribute ist jedoch uneinheitlich und abhängig von den zuständigen Vermessungsverwaltungen. Die Beschaffung der Daten ist mit hohen Kosten verbunden. Sie liegen jedoch zum Teil in den Fachbehörden der Kreise und Städte zur freien Verfügung vor.

Hausumringe

Eine kostengünstige Alternative stellen die Hausumringe dar, die als Geobasisprodukt der seit 2011 von der Zentralen Stelle für Hauskoordinaten, Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle (ZSHH) der Bezirksregierung Köln, Abteilung Geobasis, herausgegeben werden und das gesamte Bundesgebiet abdecken. Hausumringe sind georeferenzierte Umrisspolygone von Gebäudegrundrissen aus dem Liegenschaftskataster. Sie enthalten außer dem amtlichen Gemeindeschlüssel keine weiteren Attribute.

Diese Hausumringe können z. B. mit Hilfe von SEMENTA grob typisiert werden. Mit Hilfe von SEMENTA ist es möglich, den gesamten Gebäudedatenbestand eines Gebäudedatensatzes mit Hilfe komplexer Bildverarbeitungsprozesse zu vermessen und zu typisieren. Die SEMENTA-Typologie differenziert im Mehrfamilienhausbereich nach geschlossener Blockbebauung, offener Blockbebauung, Villenbebauung, Zeilenbebauung (traditionell), Zeilenbebauung (industriell) sowie Hochhausbebauung (Punkthochhäuser), im Ein- und Zweifamilienhausbereich nach Ein- und Zweifamilienhäusern freistehend, Reihenhausbebauung und Doppelhausbebauung, weiterhin nach Bebauung in dörflich traditioneller Bauweise, Industrie- und Gewerbebauten sowie Bebauung besonderer funktionaler Prägung. Die Nichtwohngebäude sind damit lediglich relativ grob differenziert. Im Wohngebäudebereich lassen sich bestimmte Typen bestimmten Baualtern zuordnen, um so eine grobe Baualtersgliederung zu erhalten. Die Anwendung von SEMENTA ist ausschließlich durch das IÖR möglich und nicht frei verfügbar.

3D-Gebäudemodelle

Bei den 3D-Gebäudemodellen sind zwei Darstellungsstufen zu unterscheiden. In der ersten Stufe erfolgt die Modellierung des Gebäudes als Block- bzw. Klötzchenmodell. Es wird als LoD1 (Level of Detail 1) bezeichnet. Beim LoD2 werden den Gebäuden standardisierte Dachformen zugeordnet und entsprechend dem Firstverlauf ausgerichtet. Das 3D-Gebäudemodell ist eine Erweiterung des Datensatzes der Hausumringe um die dritte Dimension. Ein 3D-Gebäudemodell ist ein digitales, numerisches Oberflächenmodell der Erdoberfläche, reduziert auf die in ALKIS definierten Objektbereiche Gebäude und Bauwerke (Definition nach ALKIS-OK). Unterirdische Gebäude werden nicht berücksichtigt. Der Gebäudegrundriss wird grundsätzlich der amtlichen digitalen Liegenschaftskarte entnommen. Es werden folgende Attribute geführt: Höhe des Gebäudes ist die Differenz in Metern zwischen dem höchsten Bezugspunkt und dem tiefsten Bezugspunkt des Gebäudes, Objekt-ID, Gebäudefunktion (falls geführt), Name (falls geführt), Amtlicher Gemeindeschlüssel, Qualitätsangaben (Metadaten). Die Berechnung der Materiallager für den IÖR-Monitor hat gezeigt, dass es insbesondere bei der Attribuierung der Höhenangaben noch diverse Unplausibilitäten gibt.

Das IÖR bietet mit dem „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung“ (IÖR-Monitor o.J.) raumbezogene Sachdaten für das Bundesgebiet an mit jeweils unterschiedlicher räumlicher Differenzierung. Der Raumbezug basiert auf Geobasis-, Geofachdaten, die mit Sachdaten verbunden werden. U. a. werden in der Kategorie Materiallager die beiden Indikatoren Wohngebäude-Materiallager pro Einwohner und Wohngebäude-Materiallager pro Wohn- und Mischnutzfläche für das Jahr 2016 bis auf Kreisebene bereitgestellt, bislang allerdings nur für eine Auswahl an Bundesländern und mit dem Hinweis auf die Vorläufigkeit der Daten aufgrund noch laufender Validierungen. Verwendete Geo-Datengrundlagen sind das ATKIS-Basis-DLM, die

Hausumringe, 3D-Gebäudemodelle (LoD1), georeferenzierte Adressdaten. Diese sind bereits zum Teil mit Materialkennziffern aus dem IÖR-Informationsportal Bauwerksdaten verknüpft. Frei verfügbar sind die im IÖR-Monitor angebotenen Indikatoren in vordefinierten Raumeinheiten. Die dahinterliegenden Geodaten können jedoch nicht zur Verfügung gestellt werden.

Mit den aufgeführten Geobasisdaten werden Zustände zu bestimmten Stichtagen abgebildet. Auf dieser Grundlage Entwicklungen abzubilden, ist nicht unproblematisch. Geodaten werden in der Regel aktualisiert, ohne eine Historie zu bewahren. Im oben angesprochenen „IÖR-Monitor" ist deshalb eine sequentielle Sammlung älterer Bearbeitungsstände installiert, wodurch die Abbildung von Zeitreihen möglich wird – die oben genannten Einschränkungen bzgl. der Nutzung von frei verfügbaren „Monitor-Daten" zur Entwicklung von Katastern bleiben aber davon unberührt. In den Vermessungsverwaltungen existieren ältere Zeitschnitte in der Regel nicht mehr. Insbesondere in den Daten zum Gebäudebestand ist es nicht möglich, Bestandsänderungen und Fehlerkorrekturen zu unterscheiden.

4.3.2.2 Rasterdaten

Zu den Rasterdaten zählen neben den Fernerkundungsdaten auch die Geobasisdaten der Topografischen Karten. Sie können Informationen über Lage, Nutzung sowie Hinweise zur Schätzung des Baualters insbesondere von Wohngebäuden mittels der Abbildung der Ausprägung von Bebauungsformen liefern. Konkrete Geoobjekte zur Berechnung im GIS liefern sie nur eingeschränkt durch die Anwendung von komplexen Bildinterpretationsverfahren.

Amtliche Topografische Karten werden als Digitale Topografische Karten (DTK) in verschiedenen Maßstäben von 1:10.000 (DTK 10) bis 1:1.000.000 (DTK1000) angeboten. Die DTK10 liegt flächendeckend nur in den östlichen Bundesländern vor. Die Topografischen Karten (TK) werden ggf. auch durch Darstellung in verschiedenen Layern abgegeben (z. B. Grundriss getrennt von Höhenlinien). Für die Erfassung der Bauwerke liefern Topografische Karten Informationen wie Straßenname, Hausnummer, vereinzelt die Nutzung. Sie bilden die tatsächliche Struktur ab. In einer Vorstufe von SEMENTA können aus TK die Gebäude extrahiert werden, falls keine Vektordaten für Gebäude vorliegen. Diese sind allerdings mittlerweile flächendeckend vorhanden, so dass dieser Zusatzschritt nicht mehr notwendig erscheint. Aus diesem Grund stellen Topografische Karten im Sinne des Projektzwecks lediglich visuelle Sekundärinformationen bereit. Besonders empfehlenswert ist hier der wms-Dienst der TopPlus-Web-Open des BKG.

Fernerkundungsdaten sind hier Satellitenbilder und Luftbilder. Diese können mit Bilderkennungsverfahren automatisch klassifiziert werden. Allerdings steigen mit der räumlichen Auflösung die Anforderungen an solche Bilderkennungsverfahren sehr stark. Neuere Verfahren sind in der Entwicklung und Erprobung (Haberl et al. 2020). Fernerkundungsdaten sind wie Topografische Karten in unserer Untersuchung derzeit insbesondere zur visuellen Sekundärinformationen verwendbar. Sie ermöglichen ein Abbild von Größe, Lage, Verteilung und Form der Bauwerke ohne konkret messbare Kenngrößen zu liefern. Auf Grundlage der siedlungsstrukturellen Ausprägungen der Bebauung lassen sich visuell Baualtersabschätzungen treffen. Empfehlenswert ist hierfür die Nutzung Digitaler Orthophotos (DOP) mit einer Bodenauflösung von 20 cm.

4.3.2.3 Sonstige Geo-Daten

Eine weitere Datenquelle zur Informationsgewinnung neben den Geobasisdaten sind die OpenStreetMap (OSM) – Daten. In OSM funktioniert nach dem Open Source-Prinzip. Erfasst werden u. a. Daten zu Gebäuden, Straßen und Schienennetzen. Die OSM-Daten können lizenzkostenfrei eingesetzt und beliebig weiterverarbeitet werden (OSM 2015). OSM-Daten können in der GEOFABRIK (GEOFABRIK 2020) heruntergeladen werden. Diese stellt die Daten

als kostenlosen Download im Shapefile-Format zur Verfügung. Hier stellt jedoch die Erfassung der Daten durch Freiwillige erhöhte Anforderungen an Korrektheits- und Plausibilitätsprüfungen.

4.3.3 Einschätzung zur Verfügbarkeit von Informationen zur Abbildung von Bauwerksbeständen mit Sach- und Geodaten

Die folgenden Tabelle 37 und Tabelle 38 geben eine zusammenfassende Übersicht über frei verfügbare Sach- und Geodatenprodukte.

Tabelle 37 Kostenfrei verfügbare Sachdatenprodukte

Produkt	Relevante Merkmale	Inhaltliche Beschreibung	Verfügbarkeit, Aktualität
Darstellung des Bestands			
Zensusdatenbank des Zensus 2011	Gebäudeanzahl oder Prozentsatz nach den Merkmalen Gebäudegröße (EFH, ZFH, MFH), Baualtersklassen, Eigentümer, Gebäudetyp-Bauweise, Anteil Leerstand	Selbst zusammenstellbare Auswertungen zu Gebäuden mit Wohnraum (unterscheidbar in Wohngebäude und sonstige Gebäude mit Wohnraum)	- Frei verfügbar für alle Gemeinden deutschlandweit online unter: https://ergebnisse.zensus2011.de/ - Berichtsintervall: alle 10 Jahre, letztmalig 2011
Regionalstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder	Gebäudeanzahl nach Gebäudegröße (EFH, ZFH, MFH, Wohnheim) und Wohnfläche in m²	Wohngebäudebestand basierend auf einer Fortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011, Nichtwohngebäude werden nicht erfasst	- Frei verfügbar für alle Gemeinden deutschlandweit online unter: https://www.regionalstatistik.de (Tabellencode 31231 – Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestands) - Berichtsintervall: jährlich (es stehen die Jahre 2011 bis 2016 zur Verfügung, Stand 1/2019)
Zuflüsse zum Materiallager			
Regionalstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder	Gebäudeanzahl, für Wohngebäude Gebäudegröße (EFH, ZFH, MFH) und Wohnfläche in m², für Nichtwohngebäude Nutzfläche in m²	Fertigstellungen neuer Wohngebäude (inklusive Wohnheime) und neuer Nichtwohngebäude, Fertigstellungen von Wohnungen	- Frei verfügbar für alle Gemeinden deutschlandweit online unter: https://www.regionalstatistik.de (Tabellencode 31121 – Statistik der Baufertigstellungen) - Berichtsintervall: jährlich (es stehen die Jahre 2008 bis 2016 zur Verfügung, Stand 1/2019)
Regionalstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder	Gebäudeanzahl und Nutzfläche in m² auf Gemeindeebene, diese nach 9 verschiedenen Nutzungsarten auf Kreisebene	Fertigstellungen neuer Nichtwohngebäude und Anzahl Wohnungen darin	- Frei verfügbar für alle Gemeinden bzw. Kreise und kreisfreien Städte deutschlandweit online unter: https://www.regionalstatistik.de (Tabellencode 31121 – Statistik der Baufertigstellungen) - Berichtsintervall: jährlich (es stehen die Jahre 2008 bis 2016 bzw. 2015 bis 2016 zur Verfügung, Stand 1/2019)
Abflüsse vom Materiallager			
GENESIS-Online Datenbank des Statistischen Bundesamts	Anzahl Gebäude/Gebäudeteile, Nutzfläche in m², Wohnfläche in m², für Wohngebäude unterschieden nach Gebäudegröße (EFH, ZFH,	Abgang von Gebäuden/Gebäudeteilen im Hochbau unterschieden nach Wohn- (mit Wohnheimen) und Nichtwohngebäuden	- Frei verfügbar für alle Bundesländer online unter: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online (Tabellencode 31141 – Abgang von Gebäuden/Gebäudeteilen im Hochbau)

Produkt	Relevante Merkmale	Inhaltliche Beschreibung	Verfügbarkeit, Aktualität
	MFH), für Nichtwohngebäude nach 9 verschiedenen Nutzungsarten oder für WG und NWG nach 9 verschiedenen Eigentümerarten		- Berichtsintervall: jährlich (es stehen die Jahre 2015 bis 2017 zur Verfügung, Stand 1/2019)

Tabelle 38 Geodaten – Übersicht über potenziell nutzbare Produkte

Produkt	Relevante Merkmale	Inhaltliche Beschreibung	Verfügbarkeit, Aktualität, Kosten
Geobasisdaten zur Berechnung von Bauwerksmerkmalen (Vektordaten)			
ATKIS-Basis-DLM	Nutzungen (Wohnen, gemischte Nutzung, Industrie und Gewerbe, besondere funktionaler Prägung) (Baublockebene)	Liefern die Grundflächen (Blockflächen) für verschieden Nutzungen Ein direkter Gebäudebezug ist nicht vorhanden.	Flächendeckend (FD); 2-5 Jahresaktualität (JA); kostenfrei für Bundes, Landes- und Kommunalbehörden, ansonsten 7,50 €/km² (max. 165 T €); Open Data in Berlin, NRW, Thüringen.
Liegenschafts-katasterinforma-tionssystem ALKIS	Flurstück, Lage, Grundfläche, Geschosse, überwiegende Nutzung; Z.T. Baualter, Eigentümer, unterirdische Gebäudeteile (Gebäude-/Flurstückeben)	Vereinigung von Automatisiertem Liegenschaftsbuch (ALB) und A. Liegenschaftskarte (ALK); Merkmalskataloge sind einheitlich, Bereitstellung der Merkmalsausprägungen ist länderspezifisch.	FD; Aktualität uneinheitlich; i.d.R. kostenfreie für Landes, Kreis- und zum Teil kommunale Behörden (im Weiteren Behörden genannt) (Daten Ihres Bezugsgebietes); ansonsten 0,9 € - 3,8€/Flurstück oder Gebäude.
Hausumringe (HU)	ausschließlich) amtlicher Gemeindeschlüssel (Gebäudeebene)	georeferenzierte Polygone von Gebäudegrundrissen aus dem Liegenschaftskataster	FD; 1JA;. i.d.R. kostenfreie für Landes, Kreis- und zum Teil kommunale Behörden (Daten des Bezugsgebietes) 0,12 €/Objekt (max. 100 T €).
3D-Gebäude-modelle (LoD)	Gebäudehöhe, optional: Gebäudefunktion, Geschossanzahl (Gebäudeebene)	Überirdische Gebäude; Gebäudegrundriss aus ALK. Verschiedene Differenzierungslevels (Level of Detail - LoD1, LoD2);.	LoD1: FD, LoD2: nicht FD; 1JA; i.d.R. kostenfreie für Behörden (Daten des Bezugsgebietes), ansonsten: 0,27 €/Objekt (LoD1) (max. 225 T EUR) bzw. 0,65 €/Objekt (LoD2) (max. 540 T €); open Data in BE*, HH, NW, TH (*nur LoD1)
Geobasisdaten zur Visualisierung von Bauwerksmerkmalen und Ableitung von Bauwerksmerkmalen (Rasterdaten)			
Digitale Orthophotos DOP20	Rasterdaten photographischer Abbildungen der Erdoberfläche, aus orientierten Luftbildern und einem Digitalen Geländemodell abgeleitet. Größe, Lage, Verteilung und Form der Bauwerke; siedlungsstrukturelle Analysen und Baualtersabschätzungen; (Gebäudeebene)		FD; 3-JA; i.d.R. kostenfreie für Behörden (Daten des Bezugsgebietes); 9 €/km² (Max. 198 T €); open Data in BE, NRW, RP, TH

Produkt	Relevante Merkmale	Inhaltliche Beschreibung	Verfügbarkeit, Aktualität, Kosten	
Digitale Topografische Karten DTK	georeferenzierte Rasterdaten der gescannten und z.T. digital fortgeführte Topographischen Karte (TK); Visualisierung u. a. von Straßenname, Hausnummer, z.T. Nutzung; (Gebäudeverbünde)		nicht FD; 5-JA; i.d.R. kostenfreie für Behörden (Daten des Bezugsgebietes); DTK10: 4 €/km² (max. 88.T EUR); DTK25: 1€/km² (Max. 22 T €); DTK25; open Data in BE, NW, RP, TH	
TopPlus - Web	Auf Basis vorhandener amtlicher Geodaten (DLM, DGM, Georeferenzierte Adressdaten und HU) werden Karten unterschiedlicher Maßstäbe automatisch graphisch einheitlich erzeugt. Visualisieren von Informationen wie Straßenname, Hausnummer, Nutzung (Gebäudeebene)		FD; 1-JA; öffentlich; als web map dienst (wms)-Dienst; wms_topplus_web_open kostenfrei	
Open Data zur Berechnung von Bauwerksmerkmalen (Vektordaten)				
OpenStreetMap	u. a. Gebäude, Landnutzung, Straßen, Schienen; (Gebäudeebene)		Nicht FD, Aktualisierung unregelmäßig; öffentlich; kosten- und lizenzfrei	
Services und Tools, die abgeleitete georeferenzierte Bauwerksmerkmale aus Geodaten bereitstellen				
IÖR Monitor	Gebäude, Wohngebäude, Gebäudegrundflächen jeweils pro km² Gebietsfläche (Gemeindeebene)	Verarbeitung amtlicher Geobasis-, Geofach- und statistischer Daten, Darstellung in Karten und Tabellen	FD, öffentlich; kostenfrei	
Sonderauswer-tung OSM	s. OpenStreetMap (OSM)	s. OSM	FD (zwischen 200 € (bis 1 GB) (Region) bis 500 € (bis 5 GB) (D)	Geofabrik http://www.geofabrik.de/data/shapefiles.html

Eigenschaften/Merkmale zur Einschätzung der Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit von Informationen und Methoden zur Abbildung des Materiallagers und der Materialflüsse von regionalen Bauwerksbeständen kann anhand von Eigenschaften bzw. Merkmalen erfolgen, für die Informationen bereitgestellt werden soll.

Unter Beachtung der vorangegangenen Ausführungen werden folgende Eigenschaften bzw. Merkmale herangezogen: Bauwerkstyp (unterschieden nach: „ohne Differenzierung“, „Nutzungsarten“, „Konstruktionsweise“, „Baualter“); Material (unterschieden nach: „ohne Differenzierung, „Materialart“, „Rohstoffart“, „Abfallart“, „Sekundärrohstoffart“); Raumbezug (unterschieden nach: „Region“, „Gemeinde“, „Stadtteil/Quartier“, „Parzelle“); Bestand Dynamik (unterschieden nach: „Bestand“, „Zugang“, „Abgang“, „Sanierung“)

Die Bewertung wird mit Hilfe einer Matrix vorgenommen. In den Zeilen werden Informationen (MKZ und Daten-„Produkte“) dargestellt, die Grundlagen für bottom-up MFA liefern können. Dabei wird unterschieden in Materialkennziffern, Geodaten und Sachdaten. In den Spalten sind die oben gelisteten Eigenschaften und Merkmale angeordnet. Die Einschätzung der Verfügbarkeit erfolgt entlang von drei Stufen der Verfügbarkeit: frei verfügbar, mit zusätzlichem Analyse oder Kostenaufwand generierbar sowie nicht verfügbar

Die nachfolgende Matrix (Tabelle 39) ermöglicht eine Einschätzung der Verfügbarkeit der angesprochenen Informationen. Vergleichsweise eindeutig sind die Aussagen „frei verfügbar“ und „nicht verfügbar“. Die gelben Felder, welche signalisieren, dass Merkmale mit einem zusätzlichen Analyse- oder Kostenaufwand generierbar sind, zeigen dagegen nicht an, wie hoch dieser Aufwand ist. Die Matrix macht aber deutlich, dass „Verfügbarkeit“ zwingend merkmalsbezogen diskutiert werden muss. Hinzuweisen ist darauf, dass das Maß an „Verfügbarkeit“ auch abhängig vom Akteur ist, der die Merkmale und Eigenschaften abfragt. In der Matrix wird davon ausgegangen, dass die Geobasisdaten (kosten-)frei verfügbar sind. Dies trifft regelmäßig nur für öffentliche Akteure der Kommunal-, Kreis- oder Landesplanung zu, nicht für private Akteure (beispielsweise Entsorgungsunternehmen).

Tabelle 39 Bewertungsmatrix „Verfügbarkeit“

Produkt		Bauwerkstypdifferenzierung				Materialdifferenzierung					Raumbezug				BestandDynamik			
		ohne	Nutz-ung	Konst-rukti on	Bau-alter	ohne	Mater-ialart	Roh-stoff art	Abfall-art	Sekundär-rohst.	Re-gion	Gem ein-de	Qu ar-tier	Par-zelle	Be-stand	Zu-gang	Ab-gang	San ie-rung
odaten	DyMAS bdat																	
	Repräsentanten																	
	ATKIS																	
	ALKIS																	
	HU																	
	LoD																	
	DOP20																	
	DTK																	
	Topplus																	
	OSM																	
	Geofabrik																	
	GWS Wohnen.																	
	GWS NichtW																	
	Kommunal St.W																	
	Kommunal St.NW																	

Legende: frei verfügbar, mit zusätzlichem Analyse- oder Kostenaufwand generierbar, nicht verfügbar

Quelle: Eigene Darstellung

4.4 Daten und Kennzahlen in Bezug auf Material

4.4.1 Baumaterialinformationen aus der Gebäude- und Wohnungsstatistik

Informationen zum Material in Bauwerken werden in der frei verfügbaren Bautätigkeitsstatistik für Wohn- und Nichtwohngebäude jährlich berichtet. Unterschieden wird beim Baumaterial für die tragende Konstruktion nach: Stahl, Stahlbeton, Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, Leichtbeton/ Bims, Holz, sonstiger Baustoff.

Die Informationen unterschieden nach Angaben zu „Deutschland“, „Früheres Bundesgebiet“ und „neue Länder und Berlin“ und beziehen sich auf Neubau und Wiederaufbau, tragende Konstruktion, Gebäudeanzahl, Rauminhalt und veranschlagte Kosten, bei Wohngebäuden die Wohnungsgröße bzw. die Nutzung als Wohnheim, bei Nicht-wohngebäuden Nutzungsarten, selbstständig benutzbare unterirdische Bauwerke. Nicht berücksichtigt werden: Abriss und Bestand, nichttragende Bauelemente, bei Nichtwohngebäuden Bagatellbauten – solche unter 350 m^3 BRI bzw. unter 18.000 € veranschlagter Kosten (außer solche mit Wohnraum) und behelfsmäßig errichtete, nur für einen begrenzten Zeitraum errichtete Unterkünfte bzw. solche mit geringem Wohnwert oder unter 50 m^2 große, freistehende selbständige Konstruktionen.

Darüber hinaus liefert die amtliche Gebäude- und Wohnungsstatistik keine weiteren direkten Informationen zu Baumaterialien – weder in Bezug auf den Bauwerksbestand noch auf Bauwerksveränderungen. Die beschriebenen vorliegenden Daten machen keine Angaben zum Baumaterialbestand. Sie beziehen sich nur auf den Neubau von Gebäuden und decken auch in diesem Bereich nur einen Teil der Materialflüsse ab, da sich die Angaben auf das überwiegend verwendete Baumaterial der tragenden Konstruktion beziehen. Dieser Teil ist je nach Konstruktionsweise unterschiedlich. Tabelle 40 zeigt dies für ausgewählte Konstruktionsarten.

Tabelle 40 Anteil der erklärbaren Materialien der tragenden Konstruktion am Beispiel ausgewählter Gebäudetypen

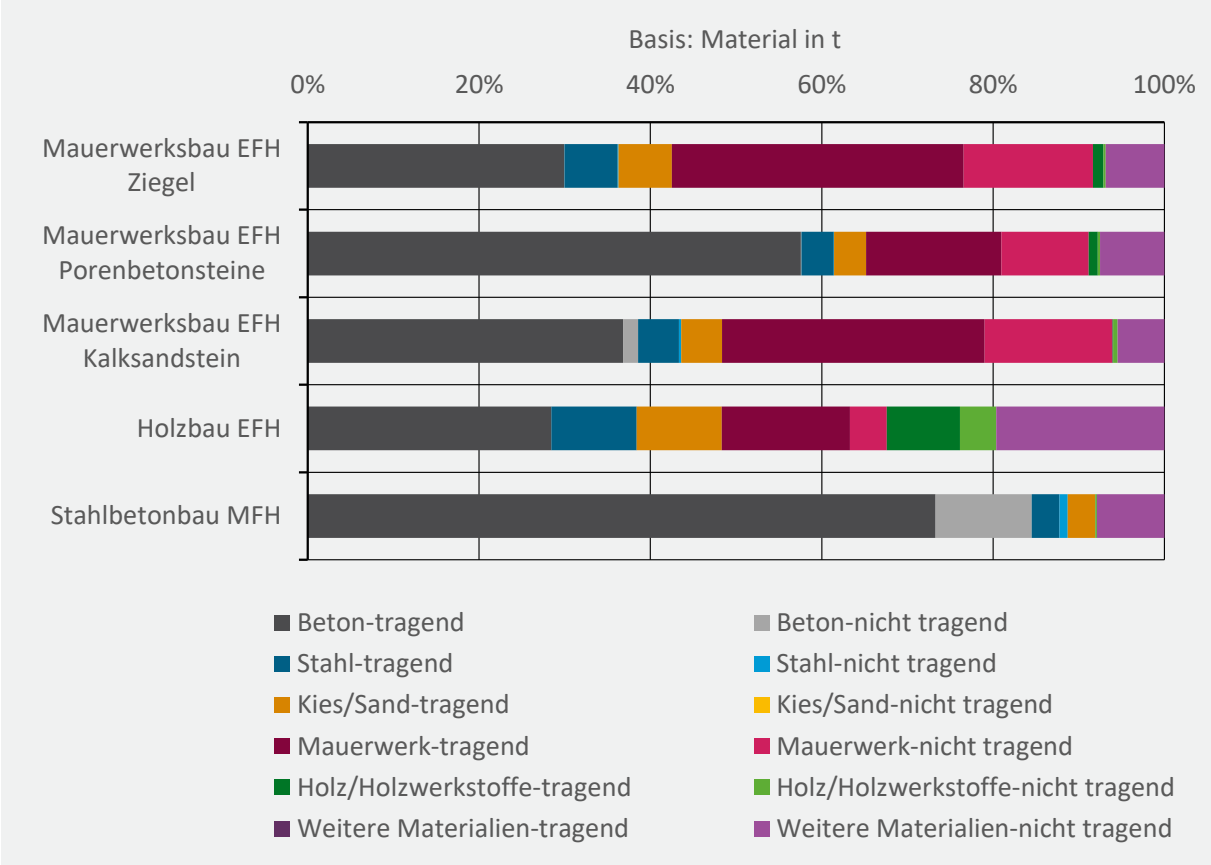
Gebäudetypen	Materialien der tragenden und nicht tragenden Konstruktion	Masse tragend und nichttragend [t]	Anteil tragend und nicht-tragend an Gesamt [%]	Masse tragend [t]	Anteil tragend an Gesamt [%]
Mauerwerksbau-Ziegel, EZFH	Beton	90,5	31,1	90,4	31,0
	Stahl	8,4	2,9	8,1	2,8
	Kies/Sand	18,8	6,5	18,8	6,5
	Ziegelmauerwerk[1)]	148,4	50,9	102,8	35,3
	Holz/Holzwerkstoffe	4,5	1,5	3,7	1,3
	Weitere Materialien	20,7	7,1		
	Gesamt	**291,4**	**100,0**	**223,9**	**76,8**
Mauerwerksbau-Porenbeton, EZFH	Beton	170,4	57,7	170,2	57,7
	Stahl	10,8	3,7	10,7	3,6
	Kies/Sand	11,1	3,8	11,1	3,8
	Porenbetonmauerwerk[2)]	76,8	26,0	46,7	15,8
	Holz/Holzwerkstoffe	3,9	1,3	3,1	1,1
	Weitere Materialien	22,2	7,5		
	Gesamt	**295,2**	**100,0**	**241,9**	**81,9**
Mauerwerksbau-Kalksandstein, EZFH	Beton	188,5	38,5	179,9	36,7
	Stahl	25,9	5,3	24,7	5,0
	Kies/Sand	23,4	4,8	23,4	4,8
	Kalksandsteinmauerwerk	222,9	45,5	149,9	30,6
	Holz/Holzwerkstoffe	3,0	0,6	0,4	0,1
	Weitere Materialien	26,6	5,4		
	Gesamt	**490,3**	**100,0**	**378,3**	**77,2**
Holzbau, EZFH	Beton	58,9	31,0	58,9	31,0
	Stahl	3,6	1,9	3,6	1,9
	Kies/Sand	20,6	10,8	20,6	10,8
	Ziegelmauerwerk[3)]	39,9	21,0	31,0	16,3
	Holz/Holzwerkstoffe	26,5	13,9	17,7	9,3
	Weitere Materialien	40,6	21,3		
	Gesamt	**190,1**	**100,0**	**131,8**	**69,3**
Stahlbetonbau, MFH	Beton	968,0	80,5	839,2	69,8
	Stahl	105,5	8,8	94,6	7,9
	Kies/Sand Mauerwerk	37,0	3,1	37,0	3,1
	Holz/Holzwerkstoffe	2,3	0,2		
	Weitere Materialien	89,9	7,5		
	Gesamt	**1202,7**	**100,0**	**970,8**	**80,7**

1) Hochlochziegel, im Kellergeschoss Betonhohlblocksteine
2) Innenwände aus Vollziegeln, im Kellergeschoss Betonschalsteine
3) Im Kellergeschoss

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf der Bauwerksdatenbank (IÖR o. J.)

Die vorangehende Zusammenstellung zeigt, dass die Information „überwiegend verwendetes Baumaterial“ zwar Rückschlüsse auf Bauweisen erlaubt, jedoch nur einen Teil des verwendeten Baumaterials erklärt. Dieser Anteil schwankt je nach Baumaterial und damit verbundener Bauweise stark, von 13 % bei Holzbauweise über 50 % bei Ziegelmauerwerk bis zu 80 % bei Stahlbetonbau.

Abbildung 53 Baumaterial in tragender und nichttragender Konstruktion – ausgewählte Gebäudetypen im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnung auf Grundlage von IÖR (o.J. a)

4.4.2 Informationen der Abfallstatistik zu Materialflüssen aus dem Bauwerksbestand

Die Abfallstatistik berichtet über entsorgte Baumassenströme innerhalb von Ländern (Standardtabellen) und Kreisen (Sonderauswertungen). Sie macht keine Angaben über den Ort der Entstehung von Abfällen. Importe und Exporte werden auf Kreis- oder Landesebene nicht berichtet. Auf regionaler Ebene im Sinne des Katasters sind Daten der Abfallstatistik deshalb nur sehr begrenzt aussagefähig

Abfälle werden nach Abfallschlüsselnummern gegliedert. Diese fassen zum Teil mehrere Materialgruppen zusammen (z. B. gemischte Bau- und Abbruchabfälle (AS 170904)). Ein Rückbezug zu einzelnen Materialgruppen (z. B. nichtmetallische Materialien, Holz, ...) ist nur auf Grundlage von Annahmen möglich (s. hierzu Ausführungen in Abschnitt 4.4.3.3).

Die Abfallstatistik erfasst nur Outputströme mit Abfalleigenschaft. Im Gegensatz zum Tiefbau, wo größere Menge an Outputströmen außerhalb des Abfallregimes unternehmensintern verwertet werden, ist im Hochbau grundsätzlich davon auszugehen, dass ein Großteil der Outputströme der Baumaterialien als Abfall im Sinne des Abfallrechtes anfällt und auch erfasst wird.

Der Abfallstatistik liegt seit 2006 das Bruttomengenprinzip zugrunde. Bezogen auf Baumaterial-Outputströme bedeutet das, dass Bau- und Abbruchabfälle, die beim Bau, Erhalt und Abriss von Gebäuden entstehen (17-er Schlüssel) unterschieden werden von Sekundärabfällen (19-er Schlüssel), die bereits eine Behandlungsstufe durchlaufen haben, jedoch immer noch Abfalleigenschaft besitzen (z. B. wird Feinanteil, der beim Brechen und Klassieren von mineralischen Abfällen anfällt, dem AS 19 12 09 (Mineralien) zugeordnet). Durch diese Zuordnung

wird es ermöglicht, eine Doppelzählung zu vermeiden (LNU SH 2007, Statistisches Bundesamt o.J. a).

Von Akteuren der Entsorgungswirtschaft werden Massenströme dokumentiert, die durch diese angenommen, aufbereitet und entsorgt werden. Dies erfolgt im Rahmen von Entsorgungsnachweisen. Diese Informationen sind für Dritte nicht zugänglich.

4.4.3 Daten und Kennzahlen zu Baumaterialien

Wie oben ausgeführt sind aus der Statistik keine Angaben zu Materialbeständen und Materialflüssen von Bauwerksbeständen direkt abrufbar. Alternativ bietet sich die oben beschriebene Methode der bottom-up MFA an. Dies setzt voraus, dass Kennzahlen zu relevanten Materialkategorien verfügbar sind. Im Hinblick auf unterschiedliche Fragestellungen sind dabei geeignete Strukturierungen bzw. Gliederungen der Materialien wichtig. Eine notwendige Gliederungssystematik der Baumaterialien sollte dabei so konzipiert sein, dass

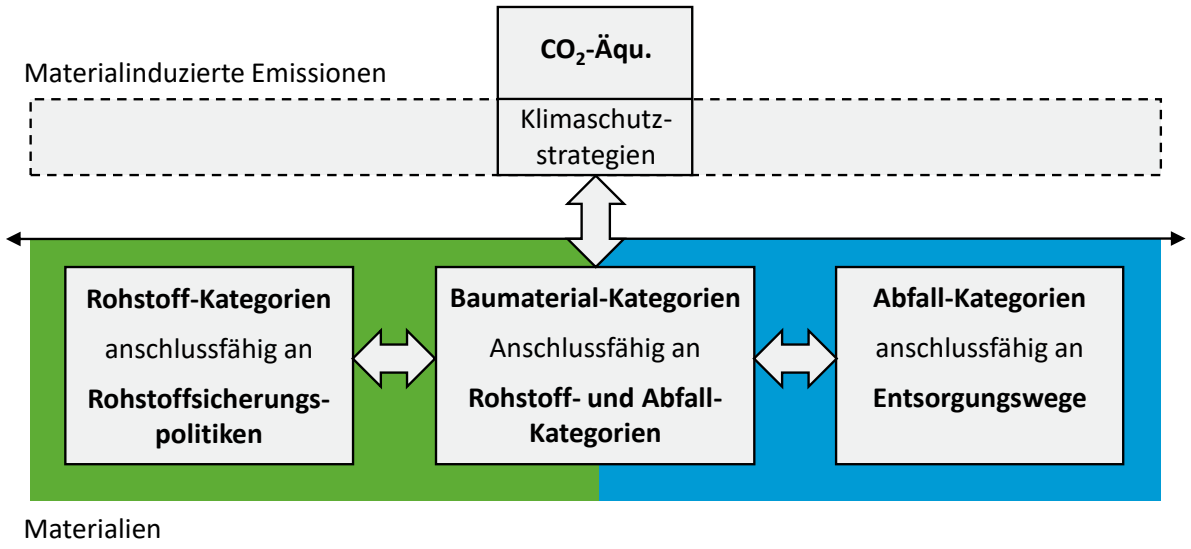
1. ein Überführen der Baumaterialien in Rohstoffe gewährleistet ist, um Anschlussfähigkeit zu nationalen Ressourcenstrategien sowie zur regionalen Rohstoffsicherung zu erreichen,
2. die Baumaterialien Abfallkategorien mit konkreten Verwertungswegen zugeordnet werden können, um mit den daraus abgeleiteten Informationen Fragen des Abfallmanagements, einschließlich des Recyclings, zu klären und
3. ein Verknüpfen der Baumaterialien mit „Grauen Emissionen“ möglich ist, um Neubauaktivitäten vor dem Hintergrund von Klimaschutzprogrammen und -strategien zu diskutieren.

Daraus ergeben sich weitere Anforderungen an eine Gliederungssystematik der Baumaterialien. Sie sollte möglichst einfach aber stringent, d. h., so aufgebaut sein, dass sich Baumaterialien einerseits auf Ebene von Gebäudetypenvertretern ausreichend genau ermitteln und erfassen sowie andererseits in ihrer Breite auf unterschiedliche Darstellungs- bzw. Gliederungsniveaus aggregieren und generalisieren lassen. Dabei ist die eindeutige Überführbarkeit zwischen den unterschiedlichen Differenzierungsniveaus wichtig.

Des Weiteren sind geeignete Differenzierungen notwendig, um Bezüge sowohl zu input- als auch zu outputbezogenen Parametern und Fragestellungen zu ermöglichen. So sind input-bezogen Verbindungen zu Rohstoffen (z. B. Sand, Kies, gebrochene Steine) und outputbezogen zu Abfallkategorien (z. B. reiner Betonbruch, Betonbruchgemisch) und gegebenenfalls zu Gefährdungspotenzialen herzustellen. Auch Schnittstellen zu Materialinventaren sowie zu klimaschutzrelevanten Parametern (Graue Energie/Emissionen: z. B. CO_2-Äqiuivalent von Standardbeton C20/25) sollen gegeben sein.

Die Entwicklung einer Gliederungssystematik für ein Materialkatasterkonzept ist ein iterativer Prozess, der den Lebensweg der Baumaterialien integriert. Damit gehen input- und outputseitige Betrachtungen einher, die an der Schnittstelle „Baumaterial“ miteinander verbunden sind. Inputseitig wird das Baumaterial up-stream bis zu den Rohstoffen betrachtet. Outputseitig wird down-stream analysiert, welche Abfallkategorien das Baumaterial am Ende des Lebenszyklus ergibt. Querbezüge ergeben sich zu „Grauen Emissionen“ (Energie, CO_2-Äquivalente), die durch Verknüpfung mit geeigneten Datenquellen (z. B. GEMIS (IINAS o.J.) oder Ökobaudat (BMI o.J.)) umgesetzt werden können. Gleichfalls ist die Anschlussfähigkeit zu den Baumaterialdifferenzierungen des Materialinventars zu beachten (vgl. Abbildung 8 unter Pkt. 2.1). Die beschriebenen Betrachtungsweisen bestimmen das Vorgehen im Rahmen der Entwicklung einer Gliederungssystematik für Baumaterialien (Abbildung 54).

Abbildung 54 Konzept der Entwicklung einer Systematik von Baumaterialkategorien für Materialkataster

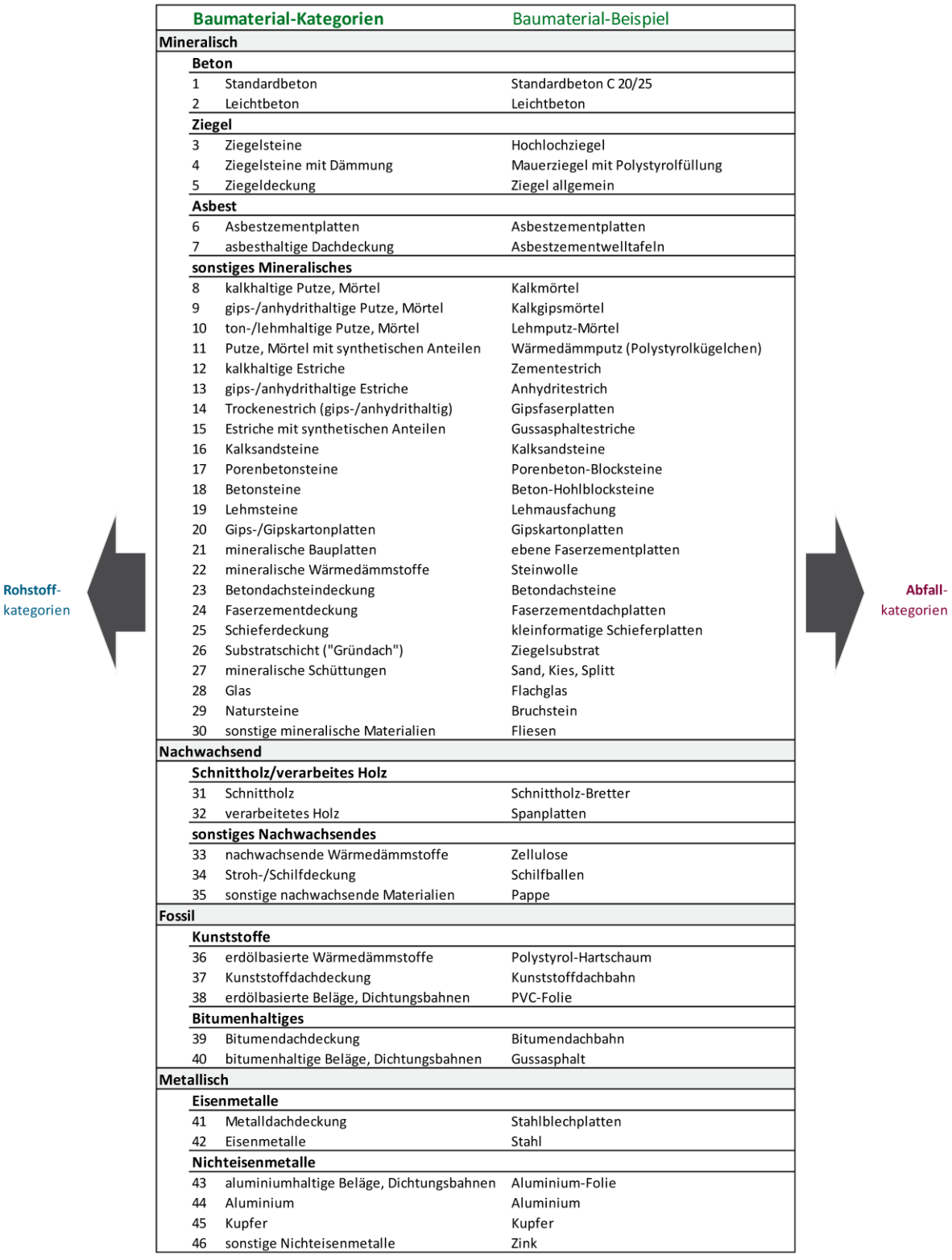


Quelle: Eigene Darstellung

4.4.3.1 Gliederungssystematik für Baumaterialien

Die Gliederungssystematik für Baumaterialien soll die Anschlussfähigkeit zu Aspekten der Rohstoffsicherung, des Abfallmanagements sowie des Klimaschutzes garantieren. Ihre Entwicklung ist daher ein iterativer Prozess, der stets prüft, inwieweit eine ganzheitliche Betrachtung des Lebensweges der verschiedenen Baumaterialien gegeben ist und die Wege/Pfade vom Baumaterial zu Rohstoffkategorien, vom Baumaterial zu Abfallkategorien sowie von Baumaterial zu materialinduzierten Emissionen eindeutig und stringent beschrieben sind. In der Literatur sind gängige Gliederungen und Systematiken zu Baumaterialien zu finden (z. B. IÖR o.J. a, Schiller et al. 2019b, Neroth und Vollenschaar 2011, Energie-Experten o. J.). Sie wurden analysiert, ausgewertet und mit Blick auf passfähige Rohstoffkategorien sowie typische Entsorgungsarten weiterentwickelt. Das Ergebnis ist die in Abbildung 55 dargestellte Systematik mit 46 Baumaterialkategorien, unter denen weitere insgesamt ca. 130 einzelne Baumaterialien subsumiert sind.

Abbildung 55 Gliederungssystematik der Baumaterialien



	Baumaterial-Kategorien	Baumaterial-Beispiel
Mineralisch		
	Beton	
1	Standardbeton	Standardbeton C 20/25
2	Leichtbeton	Leichtbeton
	Ziegel	
3	Ziegelsteine	Hochlochziegel
4	Ziegelsteine mit Dämmung	Mauerziegel mit Polystyrolfüllung
5	Ziegeldeckung	Ziegel allgemein
	Asbest	
6	Asbestzementplatten	Asbestzementplatten
7	asbesthaltige Dachdeckung	Asbestzementwelltafeln
	sonstiges Mineralisches	
8	kalkhaltige Putze, Mörtel	Kalkmörtel
9	gips-/anhydrithaltige Putze, Mörtel	Kalkgipsmörtel
10	ton-/lehmhaltige Putze, Mörtel	Lehmputz-Mörtel
11	Putze, Mörtel mit synthetischen Anteilen	Wärmedämmputz (Polystyrolkügelchen)
12	kalkhaltige Estriche	Zementestrich
13	gips-/anhydrithaltige Estriche	Anhydritestrich
14	Trockenestrich (gips-/anhydrithaltig)	Gipsfaserplatten
15	Estriche mit synthetischen Anteilen	Gussasphaltestriche
16	Kalksandsteine	Kalksandsteine
17	Porenbetonsteine	Porenbeton-Blocksteine
18	Betonsteine	Beton-Hohlblocksteine
19	Lehmsteine	Lehmausfachung
20	Gips-/Gipskartonplatten	Gipskartonplatten
21	mineralische Bauplatten	ebene Faserzementplatten
22	mineralische Wärmedämmstoffe	Steinwolle
23	Betondachsteindeckung	Betondachsteine
24	Faserzementdeckung	Faserzementdachplatten
25	Schieferdeckung	kleinformatige Schieferplatten
26	Substratschicht ("Gründach")	Ziegelsubstrat
27	mineralische Schüttungen	Sand, Kies, Splitt
28	Glas	Flachglas
29	Natursteine	Bruchstein
30	sonstige mineralische Materialien	Fliesen
Nachwachsend		
	Schnittholz/verarbeites Holz	
31	Schnittholz	Schnittholz-Bretter
32	verarbeitetes Holz	Spanplatten
	sonstiges Nachwachsendes	
33	nachwachsende Wärmedämmstoffe	Zellulose
34	Stroh-/Schilfdeckung	Schilfballen
35	sonstige nachwachsende Materialien	Pappe
Fossil		
	Kunststoffe	
36	erdölbasierte Wärmedämmstoffe	Polystyrol-Hartschaum
37	Kunststoffdachdeckung	Kunststoffdachbahn
38	erdölbasierte Beläge, Dichtungsbahnen	PVC-Folie
	Bitumenhaltiges	
39	Bitumendachdeckung	Bitumendachbahn
40	bitumenhaltige Beläge, Dichtungsbahnen	Gussasphalt
Metallisch		
	Eisenmetalle	
41	Metalldachdeckung	Stahlblechplatten
42	Eisenmetalle	Stahl
	Nichteisenmetalle	
43	aluminiumhaltige Beläge, Dichtungsbahnen	Aluminium-Folie
44	Aluminium	Aluminium
45	Kupfer	Kupfer
46	sonstige Nichteisenmetalle	Zink

Quelle: eigene Darstellung

Die Gliederungen orientieren sich, wie bereits erwähnt, am Lebensweg der Baumaterialien und den Fragen: (1) Welche Rohstoffe sind in den Baumaterialien enthalten (2) welchen Abfallkategorien lassen sich die Materialien zuordnen, nachdem sie das Bauwerk nach Abriss oder Sanierungstätigkeiten wieder verlassen haben und wie sollten die Abfallkategorien strukturiert

sein, dass Bezüge zu Entsorgungswegen möglich werden. Die zu entwickelnde Struktur wurde dagegen von der materiellen inhaltlichen Zusammensetzung her gedacht.

Sie ermöglicht ein konsequentes Nachverfolgen des „Baumaterial-Werdegangs“ von den Rezepturen zu den Rohstoffen in die eine Richtung sowie über die AVV-Schlüssel zu den Abfallkategorien und Entsorgungswegen in die andere Richtung. So wird die Abbildung bzw. Nachverfolgung durchgängiger Prozessketten vom Rohstoff über das Baumaterial bis zum „Abfall“ möglich. Die 46 Materialkategorien können übergeordnet in zehn Materialkategorien und darüber (nach entsprechender Zuordnung) nochmals in vier Rohstoffkategorien zusammengefasst werden. Diese Zusammenfassungen sind nicht fix, sondern können verändert – sowohl weiter ausdifferenziert als auch stärker aggregiert – werden, je nach frage- und zielstellungsbedingtem Bedarf.

Im Folgenden (Tabelle 41) werden die gebildeten Materiakategorien beschrieben. Dabei wird auch dargelegt, wo die einzelnen Baumaterialien im Allgemeinen in Gebäuden und Bauteilen in welcher Form vorkommen, wie sich ihr Rückbau üblicherweise gestaltet und welchen Abfallschlüsseln sie zugeordnet werden.

Tabelle 41 Beschreibung der Baumaterialkategorien des Materialkatasters

Materialkategorien und ihre Beschreibung
Beton 1 Standardbeton, 2 Leichtbeton Unter den Betonen finden sich Standardbetone unterschiedlicher Druckfestigkeitsklassen sowie Leichtbetone. Porenbetone sind keine klassischen Betone. Sie werden mit einem anderen Verfahren und auch teilweise mit anderen Rohstoffen (Porosierungsmittel: Aluminiumpulver) hergestellt und in der Regel nur als Mauersteine vermarktet. Betone werden fast bei allen Gebäuden eingesetzt. Dies sind zum einen reine Betonbauwerke wie beispielsweise Brücken. Auch bestimmte Nichtwohngebäude können fast ausschließlich aus Beton bestehen. In diesen Fällen ist es einfach, Betone getrennt von anderen Baustoffen zu halten und als solche einer Entsorgung zu übergeben (AVV 170101). Auch in den Bauwerken, die vor allem aus anderen Mauerbildnern errichtet wurden, können bestimmte Teile des Gebäudes aus nahezu ausschließlich Beton errichtet sein. Da Betone mit deutlich anderen Preisen entsorgt werden können als der übrige Bauschutt, werden diese – so es sich anbietet – ebenfalls getrennt abgebrochen bzw. rückgebaut. Klassisch wären dies Kellerräume oder Tiefgaragen. Betone werden zu Baustoffen verarbeitet, bei denen die produzierten Körnungen eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen aufweisen müssen. Dies ist für Leichtbetone nicht/kaum möglich, da Bims oder andere leichte Zuschläge diese Eigenschaften nicht aufweisen und die Zementanteile diese Defizite nicht auffangen dürften. Leichtbetone werden daher nicht als Betone ab Baustelle getrennt gehalten (AVV 170107).
Ziegel 3 Ziegelsteine, 4 Ziegelsteine mit Dämmung, 5 Ziegeldeckung Ist ein Gebäude vor allem aus Mauerziegeln errichtet (vor allem Wohngebäudebereich) und hier möglicherweise gar mit Vollziegeln, bietet sich eine getrennte Entsorgung und daraus resultierend dann ggf. auch eine andere Abfallschlüsselung an (Ziegelbauschutt, AVV 170102). Mauerziegel eignen sich grundsätzlich sehr gut als Ausgangsmaterial für die Substratherstellung für bspw. begrünte Flachdächer. Gerade Weichbrandziegel haben hierfür die geeignete Porosität und Wasseraufnahmefähigkeit. Problem sind aber die Putzanteile etc. an gebrauchtem Mauerwerk, was eine aufwendige Aufbereitung voraussetzt. In Regionen Deutschlands, in denen in der Vergangenheit in großem Stil mit Ziegelmauersteinen als Wandbildner gearbeitet wurde, wird gemischter Bauschutt als AVV 170102 geschlüsselt, weil zu höheren Anteilen Ziegel enthalten sind. Gefüllte Mauersteine sind ebenfalls nur gemischter Bauschutt, (AVV 170107), auch wenn das Dämmmaterial im Volumenanteil überwiegt oder gleiche Anteile zum mineralischen Material aufweist. Für die klassische Aufbereitung des mineralischen Materials sind dies Stör- und Fremdstoffe, die mit hohem Aufwand und wahrscheinlich über eine separate Aufbereitungsschiene abgetrennt und separat entsorgt werden müssen. Die klassische Eindeckung von Steildächern erfolgt mit Dachziegeln aus Tonmaterial. Er wird beim Abbruch separat gesammelt (AVV 170102).

Materialkategorien und ihre Beschreibung

Asbest

6 Asbestzementplatten, 7 asbesthaltige Dachdeckung

Vor allem im älteren Gebäudebestand können asbesthaltige Materialien verbaut sein. Da Asbest als gefährliches Material gesondert entsorgt werden muss (EU-weites Asbestverbot 2005, Deutschland 1993), werden asbesthaltige Materialien (AVV 170605*) hier separat erfasst. Klassische Asbestbauteile sind Asbestzementplatten sowie asbesthaltige Dachdeckung.

Sonstiges Mineralisches

8 kalkhaltig Mörtel/Putze, 9 gips-/anhydrithaltige Mörtel/Putze, 10 ton-/lehmhaltige Mörtel/Putze, 11 Mörtel/Putze mit synthetischen Zusätzen

Die Aufteilung der Putze/Mörtel in kalkhaltig, gips-/anhydrithaltige sowie ton-/lehmhaltige ist mit Blick auf Rohstoffe sinnvoll, wobei Mauersteine zunehmend nicht mehr mit Mörtel verbunden werden, sondern mit Klebern. Darüber hinaus werden auch Putze/Mörtel mit synthetischen Zusätzen berücksichtigt.
Die Mörtel und die (Innen-)Putze fallen mit Tapetenresten, Farben und anderen Materialien/Stoffen beim Rückbau von Gebäuden als Feinmaterial an. Sie lassen sich in der Regel nicht getrennt halten und fallen damit zwangsläufig als Teilmasse des Bauschutts an. Sie sind damit automatisch Bestandteil aller Abfallschlüssel 1701 (Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik), sofern man unter 170102 nicht nur Ziegeldacheindeckungen versteht.
Der auf den Baustellen anfallende Bauschutt wird zur weiteren Entsorgung (d. h. Aufbereitung) auf Lastkraftwagen verladen. Nicht selten erfolgt diese Verladung mit Baggern, die hierfür mit Sieblöffeln ausgestattet sind. Diese dienen dazu, nur tatsächlich die Materialien zu verladen, die sich zu einer Gesteinskörnung verarbeiten und dann vermarkten lassen. Putze und Mörtel fallen beim Verladen „idealerweise“ durch und verbleiben quasi als Bodenbestandteil auf der Baustelle. Putze und Mörtel eigenen sich zudem auch aus chemischer Sicht wenig für Weiterverwertungen; im Falle von Gips tragen sie zur Sulfat-Belastung bei, ein Parameter in der Umweltprüfung, der nicht selten die Einsatzmöglichkeiten der aufbereiteten Massen limitiert.

Sonstiges Mineralisches

12 kalkhaltig Estriche, 13 gips-/anhydrithaltige Estriche, 14 Trockenestriche, 15 Estriche mit synthetischen Zusätzen

Estriche sind oft aus vielen Schichten aufgebaut und dabei nicht nur aus mineralischen Stoffen. Daher wird weiter differenziert in kalkhaltig (Zementestrich) und gips-/anhydrithaltige (Anhydritestrich) Estriche sowie Estriche mit synthetischen Anteilen (Gussasphaltestrich). Diese Estriche werden auf der Baustelle nass eingebaut. Demgegenüber gibt es auch Trockenestriche (Beton/Zement-, Gips- oder Holz-Bauteile), z. B. beim Einbau von Fußbodenheizungen.
Bei Trockenestrichen und schwimmend verlegten Estrichen besteht beim Rückbau tendenziell die Möglichkeit, diese im Rahmen des selektiven Rückbaus gezielt zu entnehmen. Dies bietet sich dann an, wenn dadurch die Verwertungseigenschaften der Abbruchmaterialien verbessert werden können. Ein großes Problem sind dabei die sulfathaltigen Materialien, d. h. Gips und Anhydrit. Nicht selten sind sowohl die Trockenestriche als auch die schwimmenden Estriche aus diesen Materialien. In diesen Fällen werden die entsprechenden Baumaterialien vorab dem Baukörper entnommen. Möglicherweise werden die Trockenestriche auf Gipsbasis ab Baustelle über Container (AVV 1708) entsorgt.
Gussasphalt und Zementestriche sind Teil des Massenstroms Bauschutt. Asphalt ist im Produktmassenstrom eines Aufbereiters nicht gern gesehen; vor allem stehen schwarze Bestandteile immer unter dem Verdacht, pechhaltiges Material zu sein und zu PAK-Belastungen beizutragen. Trotzdem ist es eher unwahrscheinlich, dass der Gussasphalt dem Baukörper vorab entnommen oder auf der Baustelle als AVV 1703 getrennt gehalten wird.

Sonstiges Mineralisches

16 Kalksandsteine, 17 Porenbetonsteine, 18 Betonsteine, 19 Lehmsteine

Bei den Mauersteinen muss mit Blick auf Ausgangsstoffe sowie die Abfallwirtschaft berücksichtigt werden, dass unterschiedliche Materialien auch unterschiedliche Verwertungs- und Entsorgungspfade haben. So ist die Aufteilung in Kalksandsteine, Porenbetonsteine, Betonsteine und Lehmsteine sinnvoll.
Die klassischen Mauersteine sind Teil des gemischten Bauschutts (AVV 170107: Gemische aus Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik). Sind Bauwerke quasi ausschließlich aus Porenbetonsteinen errichtet, kann dies dazu führen, dass sie ab Baustelle getrennt der Entsorgung übergeben werden. Dies würde dann erfolgen, wenn aus dem Bauschutt ein Baustoff hergestellt werden soll, der definierten Eigenschaften, wie insbesondere Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen, entsprechen muss. Dies können Porenbetonsteine als Leichtbaustoffe nicht. Als kleiner Bestandteil in einem großen Gemisch ist dies tolerabel, als quasi Monofraktion nicht. Wird das Material ab Baustelle getrennt gehalten, führt dies aber nicht zu einer anderen Abfallschlüsselung.

Materialkategorien und ihre Beschreibung
Lehmbausteine sind entweder in historischen Bauwerken enthalten oder werden erst seit jüngstem wieder in Bauwerken eingesetzt. Sie sind in der Praxis derzeit nicht nennenswert zu entsorgen. Lehmbausteine würden in der Praxis möglichst getrennt von anderen Wandbildnern gehalten. Sie würden wahrscheinlich ebenfalls als gemischter Bauschutt (AVV 170107) entsorgt. Aber auch hier: fallen diese Abfälle auf einer Baustelle im großen Stil an, würden sie tendenziell getrennt entsorgt, eventuell als Boden (AVV 1705).
Sonstiges Mineralisches 20 Gips-/Gipskartonplatten, 21 mineralische Bauplatten Aufgrund der aktuellen Gipsdiskussion (künftig wird durch den Kohleausstieg weniger REA-Gips anfallen, dem Abbau von Naturgips sind Grenzen gesetzt, Gips-Recycling ist noch nicht so weit entwickelt, wie notwendig) wird zwischen Gips-/Gipskartonplatten und mineralischen Bauplatten unterschieden. Gips-/Gipskartonplatten sind klassische Innenbauteile, die einen sehr hohen Stellenwert und Marktanteil haben. Die zu entsorgenden Abfallmassen werden in Zukunft noch deutlich ansteigen. Für Baustoffe auf Gipsbasis gibt es einen separaten Abfallschlüssel (AVV 1708). Gipsbauteile werden generell immer mehr ab Baustelle über Container getrennt gehalten und entsprechend entsorgt. Dies zielt vor allem auf die Gipskartonplatten ab. Erfolgt diese Zuordnung nicht bzw. handelt es sich um Anhydrit, wird dieser Massenstrom zusammen mit vielen anderen Materialien entweder gemischter Bauabfall (AVV 170904) oder gemischter Bauschutt (AVV 170107) entsorgt. Mineralische Bauplatten, wie z. B. Faserzementplatten, werden sowohl im Außenbereich wie auch im Innenausbau eingesetzt. Aus beiden Einsatzbereichen heraus ist zu erwarten, dass die Entsorgung als Teil des gemischten Bauschutts erfolgt.
Sonstiges Mineralisches 22 mineralische Wärmedämmstoffe Mit Blick auf die Herkunft der Rohstoffe sowie unterschiedliche Energieverbräuche bei den Verarbeitungs- und Herstellungsprozessen erfolgt bei den Wärmedämmstoffen eine Untergliederung in mineralische, nachwachsende und erdölbasierte Dämmstoffe. Mineralische Wärmedämmstoffe sind vor allem Steinwolle und Glaswolle. Die Wärmedämmstoffe sind nach AVV einem separaten Schlüssel (AVV 1706) zuzuordnen, sofern sie keine gefährlichen Stoffe enthalten. Bei Stein- und Glaswolle erfolgt immer dann eine Zuordnung zu „Dämmstoffen mit gefährlichen Stoffen“,“ (AVV 170603), wenn das Alter der Dämmstoffe nicht eindeutig bestimmt werden kann und wenn wegen möglicher Gesundheitsgefahren gesondert rückgebaut und gesondert (über Bigbags) entsorgt werden muss. Schaumglasschotter oder auch Schaumglasdämmplatten dürften in der Praxis nicht selten Teil des mineralischen Bauschutts (AVV 170107) sein. Bei den mineralischen Materialien werden Schaumglasplatten, Schaumglasschotter sowie Mineralschaumplatten an Bedeutung gewinnen.
Sonstiges Mineralisches: 23 Betondachsteine, 24 Faserzementdeckung, 25 Schieferdeckung, 26 Substratschicht Neben der klassischen Ziegeldeckung (läuft unter AVV 170102) findet vor allem bei älteren Gebäuden und regional bedingt oft auch die Schieferdeckung Verwendung. Erst später haben sich Betondachsteine auf dem Markt etabliert, die optisch den Ziegeln teilweise sehr gleich kommen. Hier wäre eine separate Erfassung beim Abbruch möglich (AVV 170101). Deckungen mit Faserzement finden häufig bei Gebäuden für Industrie und Gewerbe Anwendung. Substratschichten in Verbindung mit Gründächern sind neuere Entwicklungen die vor allem im Flachdachbereich Einzug gehalten haben. Da die Dachdeckungsmaterialien mineralisch sind, erfolgt eine Zuordnung hauptsächlich zu AVV 170107.
Sonstiges Mineralisches: 27 Mineralische Schüttungen, 28 Glas, 29 Natursteine, 30 sonstige mineralische Materialien Die in Gründungsbereichen (unter Bodenplatten, Baugruben-Verfüllung) sowie auch in Decken (Schallschutz) verbauten mineralischen Schüttungen bilden eine Kategorie. Dies sind meist Sande, Kiese, Splitte, Schotter und/oder Schlacken. Insbesondere in den Decken lassen sich Schüttungen im Falle eines Rückbaus nicht getrennt halten. Sie werden Teil des gemischten Bauschutts (AVV 170107). Dies gilt auch für alle sonstigen mineralischen Materialien (z. B. Fliesen) sowie für Natursteine. Für Glas (Flachglas) besteht ein separater Abfallschlüssel (170202). Werden Fenster ausgetauscht, gelangen die alten Fensterprofile über den Handwerker von der Baustelle weg zum Werkhof. Auf dem Werkhof sollte eine Auftrennung nach Profil (Holz, Kunststoff, Aluminium) erfolgen, so dass hier auch die Möglichkeit besteht, das Flachglas separat über Container einer Verwertung bereit zu stellen. Natursteine (z. B. Bruchstein) und sonstige mineralische Materialien (z. B. Fliesen) werden Teil gemischten Bauschutts (AVV 170107).

Materialkategorien und ihre Beschreibung

Schnittholz/verarbeitetes Holz:
31 Schnittholz, 32 verarbeitetes Holz

Vor dem Hintergrund unterschiedlicher „Grauer Emissionen" ist eine Unterscheidung in Schnittholz und verarbeitetes Holz sinnvoll. Je mehr Verarbeitungsschritte erforderlich sind, um das Holzprodukt herzustellen, umso größer ist der Anteil an „Grauen Emissionen". So führen notwendige Verarbeitungsschritte für aus Holz hergestellte Produkte, wie Spanplatten oder Sperrholz, zu einem deutlich höheren Emissionswert als für „einfaches" Schnittholz.
Holz wird nach Abfallverzeichnisverordnung separat gefasst. Dies ist dann der Fall, wenn das Holz ab Baustelle getrennt zur Entsorgung bereitgestellt wird. Holz wird schon aus Kostengründen möglichst ab Baustelle in die gezielte Aufbereitung und Verwertung übergeben. (AVV 170201). Trotzdem sind Hölzer auch Bestandteil von gemischten Abfallfraktionen. Dies ist auf Baustellen der Fall, bei denen sich durch ein geringes Holzaufkommen eine getrennte Bereitstellung nicht lohnt. Hier ist das Holz dann Bestandteil des gemischten Bauabbruchs und wird einer Bauabfallsortierung übergeben. Hölzer, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch diese verunreinigt sind, werden gesondert gehalten. (AVV 170204*).

Sonstiges Nachwachsendes:
33 Nachwachsende Wärmedämmstoffe, 34 Stroh-/Schilfdeckung, 35 Sonstige nachwachsende Mineralien

Nachwachsende Wärmedämmstoffe sind vor allem Holzmatten und Dämmplatten. Künftig werden sie auf dem Markt an Bedeutung gewinnen, gleichfalls Hanf und Jute. Holzmatten und Dämmplatten dürften möglicherweise als Altholz entsorgt werden und damit als separate Abfallsorte. (AVV 170201). Wenn es sich um kleinere Mengenanteile handelt, ist eine Entsorgung als Teil des gemischten Bauabbruchs wahrscheinlich.
Stroh-/Schilfdeckung können vor allem regional von Bedeutung sein, z. B traditionelle reetgedeckte Dächer im Norden Deutschlands. Stroh-/Schilfdeckung werden wahrscheinlich über AVV 170904 entsorgt.
Sonstige nachwachsende Mineralien sind z. B. Pappen oder Papiere, die als Trennschichten dienen können. Sie werden als gemischte Bauabfälle (AVV 170904) entsorgt.

Kunststoffe:
36 Erdölbasierte Dämmstoffe, 37 Kunststoffdachdeckung, 38 Erdölbasierte Beläge/Dichtungsbahnen

Kunststoffe werden im Baubereich breit verwendet. Sie haben einen großen Markt in der Dämmstoffbranche, sowie bei Fußböden und Dichtungsbahnen. Auch bei Fenster und Türen sowie im Dachbereich für Dachbahnen werden sie häufig eingesetzt.
Kunststoffdachdeckungen (und ähnlich auch Bodenbeläge) werden vor dem eigentlichen Rückbau im Rahmen der Entkernung nach Materialien aufgetrennt, d. h. ggf. erfolgt eine Abtrennung von darunter liegenden mineralischen Schichten) und entsorgt. Sie werden den Kunststoffen (AVV 170203) zugeordnet; möglicherweise erfolgt aber auch eine Zuordnung zu den gemischten Bauabfällen (AVV 170904).
Die erdölbasierten Dämmstoffe werden, sofern sie keine gefährlichen Stoffe enthalten, dem Dämmstoffschlüssel (AVV 170604) zugeordnet. Bei kleineren Mengenanteilen erfolgt die Entsorgung als Teil des gemischten Bauabfalls (AVV 170904).
Fenster und Türen werden im Sinne des selektiven Rückbaus möglichst auf der Baustelle ausgebaut und sortiert dem Recycling zugeführt. Hier haben sich bereits Recyclingmodelle mit entsprechenden Initiativen etabliert. Eine davon ist Rewindo, die Recycling-Initiative der deutschen Kunststoffprofilhersteller für ausgebaute Fenster, Rollläden und Türen aus Kunststoff (Rewindo 2020).

Bitumenhaltiges:
39 Bitumendachdeckung, 40 Bitumenhaltige Beläge/Dichtungsbahnen

Bei Bitumenbahnen wird zunächst versucht sie aufzutrennen, d. h. von mineralischen und anderen Schichten abzutrennen. Sie werden möglichst separat den Bitumengemischen (AVV170302) zugewiesen; möglicherweise erfolgt auch hier eine Zuordnung zu den gemischten Bauabfällen (AVV 170904).

Eisenmetalle:
41 Metalldachdeckung, 42 Eisenmetalle

Bei den Metallen spielt bei der Ausdifferenzierung sowohl die Rohstoff- als auch die Energiediskussion eine Rolle. Eisenmetalle sind eine wichtige Kategorie im Baubereich für Bewehrungen sowie Stahltragkonstruktionen. Sie werden aufgrund knapper Ressourcen (Eisenerz) und hoher Marktpreise gezielt gesammelt, sortiert und der Verwertung (Recycling) zugeführt. Der maßgebliche AVV-Schlüssel ist 170405.

Nichteisenmetalle:
43 aluminiumhaltige Beläge/Dichtungsbahnen, 44 Aluminium, 45 Kupfer, 46 sonstige Nichteisenmetalle

Nichteisenmetalle kommen sowohl in Bauteilen der Baukonstruktion als auch der technischen Gebäudeausstattung zum Einsatz. Neben Belägen und Dichtungsbahnen kann z. B. Aluminium bei

Materialkategorien und ihre Beschreibung
Dachdeckungen (Trapezblechprofile vor allem im Nichtwohngebäudebereich), Fensterahmen oder Unterhangdecken (Befestigungssystem) zum Einsatz kommen. Kupfer wird vor allem bei historischen Gebäuden im Dachklempnerbereich verwendet (Dachdeckung, Dachrinnen, Kehlbleche etc.). Aufgrund der Ressourcenknappheit und damit hoher Preise besteht ein großes Interesse am Metallrecycling. Bereits im AVV wird auf differenzierte Erfassung orientiert. So wird Kupfer dem AVV 170401 zugeordnet; Aluminium geht zu AVV 170402, Blei zu AVV 170403 und Zinn zu AVV 170406.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die vorgestellte Gliederungssystematik der Baumaterialien berücksichtigt die Bausubstanz der Gebäude (Gebäudehülle mit Innenbauteilen). Die Materialien der technischen Ausstattung, also von Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Sanitär-Technik, sind hier nicht explizit berücksichtigt, können aber grundsätzlich ergänzt werden.

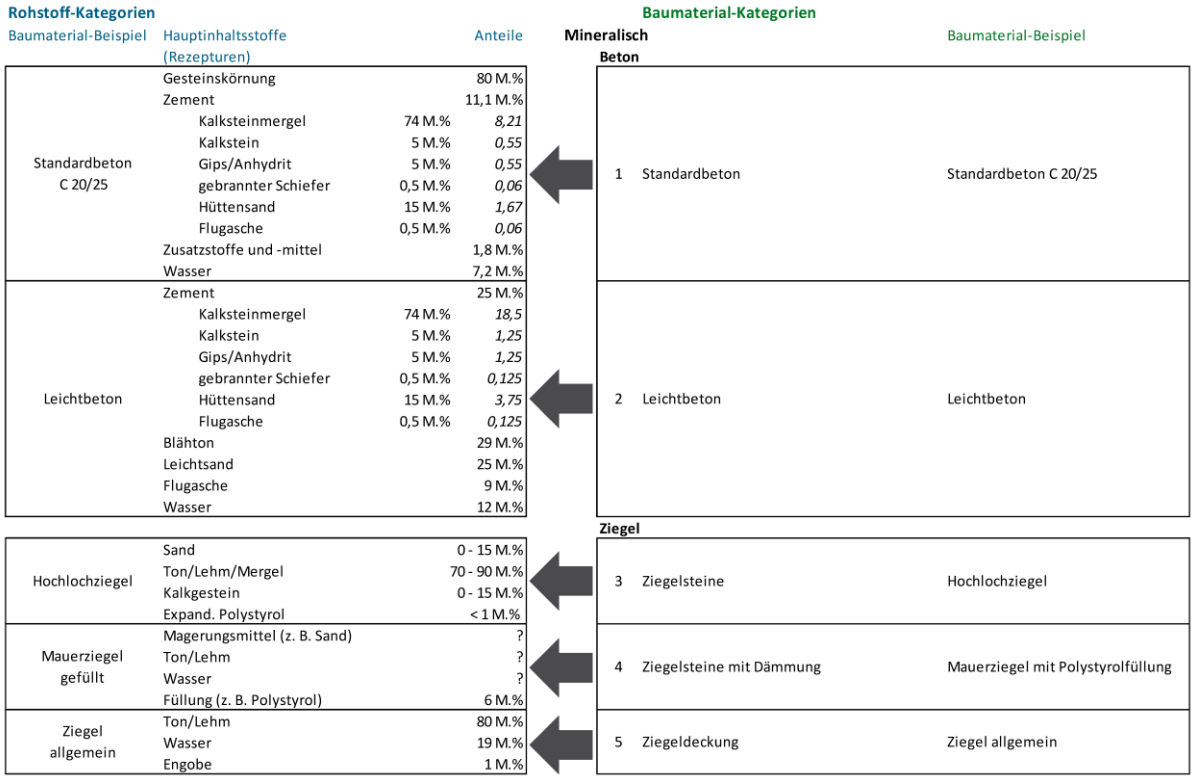
4.4.3.2 Anschlussfähigkeit zu Rohstoffkategorien

Um von Materialkategorien auf Rohstoffe schließen zu können, sind die Rezepturen zur Produktion der Baumaterialien von Bedeutung. Für jede der Materialkategorien wurde beispielhaft ein Baumaterial analysiert und dargestellt. Gewählt wurde dabei das Baumaterial, das massebezogen bezogen auf m^3 Brutto-Rauminhalt am meisten in den Gebäuden vorkommt (Basis: Analyse der Wohngebäudetypen). Geeignete Informationsquellen für die Rezepturen der Baumaterialien sind u. a. ökobaudat (BMI o.J.), wecobis (BMI und ByAK 2018) sowie die Angaben von Bauproduktherstellern und Bauproduktfachverbänden.

Neben der Bestimmung der Hauptinhaltsstoffe, Hilfsstoffe, Zusätze und Wasser werden auch die prozentualen Mengen- bzw. Mischungsanteile ermittelt. Dies wurde für den überwiegenden Teil der mineralischen Baumaterialien umgesetzt (s. Anlage). Damit lassen sich ca. 90% der in Gebäuden enthaltenen Rohstoffe abbilden. Die Systematik ist auf die weiteren in Bauwerken enthaltenen Materialkategorien übertragbar.

Abbildung 56 zeigt das beschriebene Vorgehen für die Beispiele der Materialkategorien Beton und Ziegel. Die gesamte Liste der Rohstoffzuordnungen für die mineralischen Materialien ist im Anhang zu Kapitel 4 aufgeführt (Abbildung 124).

Abbildung 56 Hauptinhaltsstoffe unterschiedlicher Baumaterialien – Auswahl der Gruppen Beton und Ziegel



Quelle: eigene Darstellung

Wie das Beispiel der gefüllten Mauerziegen in der Abbildung 56 zeigt, gibt es neben vollständigen Angaben zu Inhalten und prozentualen Anteilen auch Fälle, in denen zwar die inhaltliche Zusammensetzung klar ist, prozentuale Mischungsanteile jedoch nicht mit genannt wurden. Hier sind weitere Recherchen erforderlich und im Anwendungsfall müssen in Anlehnung an ähnliche Materialien Festlegungen getroffen werden. Des Weiteren müssen in den Rezepturen die Hauptinhaltsstoffe teilweise nochmals weiter aufgesplittet werden. In der Regel dann, wenn der Hauptinhaltsstoff bereits durch Herstellungsprozesse entstanden ist. Die ist z. B bei Zement der Fall. Dieser wird weiter in seine Inhalte zerlegt:74 % Kalksteinmergel, 5 % Kalkstein, 5 % Gips/Anhydrit, 0,5 % gebrannter Schiefer, 15 % Hüttensand und 0,5 % Flugasche (VDZ 2017). Dementsprechend werden z. B. in der Rezeptur von Standardbeton die 11,1 M.-% für Zement aufgeteilt in: 8,21 % Kalkmergel, 0,55 % Kalkstein, 0,55 % Gips/Anhydrit, 0,06 % gebrannter Schiefer, 1,67 % Hüttensand und 0,06 % Flugasche.

Bezüglich angemessener Rohstoffkategorien wurden Recherchen durchgeführt. Quellen für geeignete Rohstoffdifferenzierungen sind in Tabelle 42 zusammengestellt.

Tabelle 42 Differenzierungsmöglichkeiten von Rohstoffen

Quellen	Differenzierungsvorschläge - Rohstoffe
UBA Einteilung Rohstoffkonsum (UBA 2018a, b, c)	(1) Metallerze (Eisenerze, Nichteisenerze), (2) nichtmetallische Mineralien (Salze, Sand/Kies/gebrochene Naturwerksteine, Kalkstein/Gips, Tone, Naturwerksteine), (3) fossile Energieträger (Erdgase, Erdöl/Erdgaskondensate/Flüssigerdgas, Steinkohle, Braunkohle), (4) Biomasse (Forstwirtschaft, Landwirtschaft)

Quellen	Differenzierungsvorschläge - Rohstoffe
BGR Rohstoffbericht (BGR 2018)	(1) Metalle (Eisen/Stahl, Stahlveredler/Ferrolegierungen, Aluminium, Kupfer, Blei, Zink, Zinn, Edel-/Sondermetalle), (2) Industrieminerale (Kalisalz, Steinsalz/Siedesalz/Sole/Meersalz, Quarze/Quarzsande und –kiese, Feldspatrohstoffe, Kaolin, Bentonit, Andere Industrieminerale), (3) Steine und Erden (Kiese, Sande und gebrochene Natursteine, Kalk-/Dolomit- und Mergelgesteine, Gips-/Anhydritsteine, Andere Steine und Erden (u. a. Tone/Lehme und Naturwerksteine)), (4) Energierohstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle, Kernenergie)
Regionalplan 2009 Oberes Elbtal/Erzgebirge (Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge 2009)	(1) Kies, Kiessand, Sand, (2) sonstiges Lockergestein (Ton, Lehm, Kaolin), (3) Festgestein (Kalkstein, Calcit-/Dolomitmarmor, Granit, Sandgestein, Grauwacke u. a.)
Berichtsrahmen Level(s)* (EU 2017)	(1) fossile Energieträger, (2) Erze, (3) sonstige mineralische Rohstoffe, (4) Biomasse

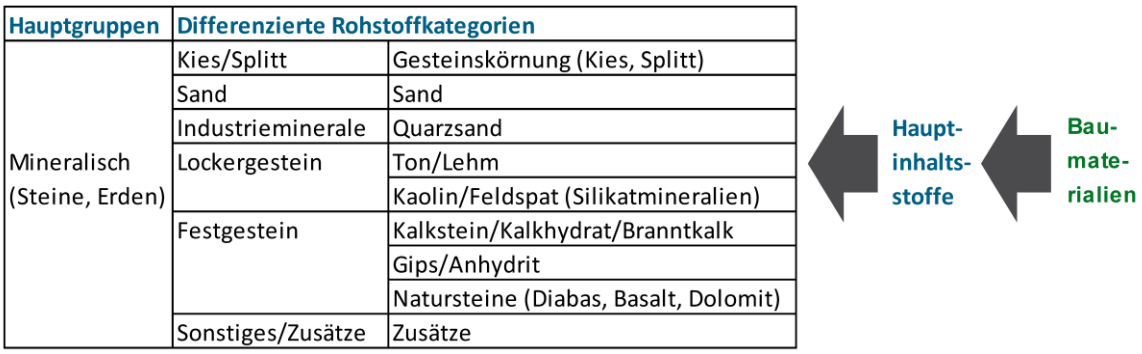
* Level(s) korrespondiert sowohl mit der EU-Statistik EUROSTAT (vgl. Herczeg et al. (2014) und Bourguignon und Orenius (2018)) als auch mit den Vorstellungen des UBA (vgl. Günther et al. (2019) und BMUB (2016)).

Quelle: Eigene Zusammenstellung entsprechend der genannten Quellen

Wasser wird häufig im Herstellungsprozess von mineralischen Baumaterialien benötigt (z. B. bei Betonen, Mörteln, Estrichen etc.). In den ausgewiesenen Rezepturen ist es prozentual teilweise integriert, teilweise nicht. Im Sinne einer stets gleichen Vorgehensweise wurde es dementsprechend konsequent aus allen Rezepturen herausgerechnet. Wissend, dass Wasser in vielen Herstellungsprozessen erforderlich ist, wird es im Materialkataster mengenmäßig nicht erfasst und somit nicht als Rohstoff ausgewiesen.

Die Zuordnung der Hauptinhaltsstoffe zu Rohstoffkategorien orientiert auf kumulierter Ebene an einer generellen Differenzierung nach Rohstoff-Hauptkategorien, wie sie in nationalen Rohstoffberichterstattungen üblich sind (z. B. Lutter et al. 2018). Sie unterscheiden in: (1) Mineralisch, (2) Biomasse, (3) Fossil und (4) Metallisch. Auf differenzierter Ebene geben die Rohstoffgliederungen in Regionalplänen und ähnlichen Planwerken mit der Zielstellung „Rohstoffsicherung“ eine Orientierung. Die daraus entwickelte Differenzierung gliedert die Rohstoffe in neun verschiedene Rohstoffkategorien (Abbildung 57). Die über Rezepturen ermittelten Hauptinhaltsstoffe der Baumaterialien werden diesen Kategorien zugeordnet und lassen sich, je nach Bedarf, weiter zusammenfassen, z. B. in sechs übergeordnete Kategorien. Alle gebildeten Kategorien und Zusammenfassungen können je nach Problemlage und Anwendungsfall verändert und angepasst werden.

Abbildung 57 Rohstoffkategorien des Materialkatasters – mineralische Baumaterialien



Quelle: eigene Darstellung

Mit der Zuordnung der Baumaterialien zu Rohstoffkategorien ergibt sich ein durchgängiger Materialfluss vom Baumaterial über seine Hauptinhaltsstoffe bis zu den Rohstoffen. Durch diese

Verknüpfung mit Rohstoffen wird der Anwendungsbereich des Materialkatasters deutlich erweitert. Nicht nur künftige Baumaterialbedarfe lassen bestimmen, sondern es sind auch Rückschlüsse auf die dadurch induzierten Rohstoffbedarfe möglich. Vor allem Akteuren mit Aufgaben der Rohstoffsicherung geben diese Informationen Unterstützung, es sind aber auch Bezüge zu übergeordneten Rohstoff- und Ressourcenstrategien herstellbar.

4.4.3.3 Zuordnung zu Abfallkategorien

Mit Blick auf das Ende des Lebenszyklus werden die Baumaterialien bezüglich ihrer weiteren Entsorgung bzw. Verwertung Abfallkategorien zugeordnet. Ausgangspunkt sind hierbei die Abfallkategorien der Abfallverzeichnisverordnung (AVV). Die AVV gliedert Bau- und Abbruchabfälle nach Abfallschlüsseln mit entsprechenden Abfallbezeichnungen. Auf der ersten Gliederungsebene werden die Bau- und Abbruchabfälle in acht Abfallarten untergliedert; auf der zweiten Gliederungsebene darunter sind Einzelmaterialien sowie Materialgemische ausgewiesen. Die Zuordnung zu Abfallschlüsseln ist nicht immer eindeutig, jedoch von Bedeutung, da die Abfallschlüssel mögliche Entsorgungswege aufzeigen.

Eine eindeutige Zuordnung von Materialien zu Abfallschlüssel lässt eindeutigere Bezüge zu Verwertungsoptionen zu und unterstützt somit kreislauforientiertes Planen grundsätzlich. Vor diesem Hintergrund sind die vorliegenden Abfallschlüssel zu hinterfragen und weitere Differenzierungen zu diskutieren. Dies wird im Rahmen der Konzipierung des Materialkatasters vorgeschlagen, aufbauend auf Diskussionen, die mit dem BBSR (Bereich Referat II 6 Bauen und Umwelt) geführt wurden. (Basis: AVV-Schlüssel mit Änderungsvorschlägen, Abbildung 125 im Anhang zu Kapitel 4). Die abgeleiteten Überarbeitungs- und Ergänzungsvorschläge sind in Tabelle 43 entlang der Haupt-Abfallschlüssel für die Rubrik 17 „Bau- und Abbruchabfälle“ zusammengefasst.

Tabelle 43 Abfallschlüssel für Materialkategorien – Überarbeitungs- und Ergänzungsvorschläge

AVV Abfallschlüssel und Abfallbeschreibung	Überarbeitungen und Ergänzungen – Vorschläge
AVV-Schlüssel 1701: Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik	
Im AVV wird in Beton (170101), Ziegel (170102), Fliesen/Keramik (170103), Gemische (170107) und Gemisch mit gefährlichen Stoffen (170106*) unterschieden.	Die Betone werden nochmals in 170101 01 = Normalbeton sowie 170101 02 = Leichtbetone, Magerbetone unterteilt. Bei den Ziegeln ist eine weitere Unterteilung in 170102 01 = aus Dacheindeckungen sowie 170102 02 = aus Mauerwerk sinnvoll. Des Weiteren werden, auf gleicher Gliederungsebene wie Beton und Ziegel, auch Kalksandstein und Porenbeton separat ausgewiesen: 170104 = Kalksandstein, 170105 = Porenbeton.
AVV-Schlüssel 1702: Holz, Glas und Kunststoff	
Das AVV untergliedert hier in Holz (170201), Glas (170202), Kunststoff (170203) und eben diese Stoffe mit gefährlichen Verunreinigungen (170204*).	Das Holz wird in Anlehnung an die Altholzverordnungen in 170201 01 = Holz der Kategorien I und II nach Altholzverordnung, 170201 02 = Holz der Kategorien bis inkl. III nach Altholzverordnung, 170201 03 = Holz der Kategorie IV nach Altholzverordnung sowie 170201 04 = Holz, gemischt unterteilt. Auch bei den Kunststoffen ist weitere Differenzierung in 170203 01 = PVC, 170203 02 = PE, 170203 03 = PP sowie 170203 04 = sonstige Kunststoffe (Gemische) sinnvoll.
AVV-Schlüssel 1703: Bitumengemische, Kohlenteer und teerhaltige Produkte	
Das AVV gliedert hier in kohlenteerhaltige Bitumengemische (170301), Bitumengemische ohne Kohlenteerhaltiges (170302) sowie Kohlenteer und teerhaltige Produkte (170303).	Bei den Bitumengemischen ist von Bedeutung, ob sie aus dem Hoch- oder Tiefbau stammen, da die Verwertungen ganz anders sind. Es wird zwischen 170302 01 = Bitumengemische aus Straßenaufbruch und 170302 02 = Dachbahnen und andere Bitumenbauteile unterschieden.
AVV-Schlüssel 1705: Boden (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten), Steine und Baggergut	

AVV Abfallschlüssel und Abfallbeschreibung	Überarbeitungen und Ergänzungen – Vorschläge
Hier unterscheidet der AVV in sechs Gruppen: Boden und Steine (17 05 04), Boden und Steine mit gefährlichen Stoffen (170503*), Baggergut (170506), Baggergut mit gefährlichen Stoffen (170505*), Gleisschotter (170508) sowie Gleisschotter mit gefährlichen Stoffen (170507*).	Auch bei Bodenaushub ist von Bedeutung, ob er aus dem Straßenbau kommt. So wird weiter untergliedert in 170504 01 = Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus sowie 170504 02 = Boden und Steine als Bodenaushubmaterial.
AVV-Schlüssel 1706: Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe	
Dämmmaterial wird im AVV in Dämmmaterial (170604), in Dämmmaterial mit Asbest (170601*) sowie in Dämmmaterial mit gefährlichen Stoffen (170603*). Asbesthaltige Baustoffe (170605*) sind eine Gruppe.	Bei Dämmmaterial ist es notwendig bezüglich der Herkunft und Art der Hauptinhaltsstoffe stärker zu differenzieren. So erfolgt eine Unterteilung in 170602 = Dämmmaterial, erdölbasiert und 170604 = Dämmmaterial (mit Ausnahme desjenigen, das unter 170601*, 170602 und 170603* fällt). Die erdölbasierten Dämmmaterialien werden dann weiter in 170602 01 = aus EPS und XPS, 170602 02 = aus PU sowie 170602 03 = sonstige gegliedert.
AVV-Schlüssel 1708: Baustoffe auf Gipsbasis	
Gipsbaustoffe werden im AVV in Baustoffe auf Gipsbasis (170802) sowie Baustoffe auf Gipsbasis mir gefährlichen Stoffen (170801*) unterteilt.	Die Gipsbaustoffe werden weiter ausdifferenziert in: 170802 01 = Baustoffe auf Gipsbasis, recyclingfähig und 170802 02 = Baustoffe auf Gipsbasis, nicht recyclingfähig sowie Anhydrit-Baustoffe.
AVV-Schlüssel 1709: Sonstige Bau- und Abbruchabfälle	
Das AVV unterscheidet zwischen gemischten Bau- und Abbruchabfällen (170904) und jenen mit gefährlichen Stoffen (Bau- und Abbruchabfälle, die Quecksilber enthalten (170901*), die PCB enthalten (170902*) und die gefährliche Stoffe enthalten (170903*)).	Bei den „gefahrstofffreien“ Bau- und Abbruchmaterialien wird zwischen organisch und mineralisch unterschieden. Das bedeutet, es wird weiter differenziert in: 170904_01 = gemischte Bau- und Abbruchabfälle, frei von mineralischen Anteilen und 170904_02= gemischte Bau- und Abbruchabfälle, frei von organischen Anteilen.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die Vorschläge haben Konsequenzen in zweierlei Richtung. Einerseits beeinflussen sie die Gliederungssystematik der Baumaterialien, indem bereits bei den Differenzierungen wichtige Unterscheidungen vorgenommen werden. So werden z. B. die Dämmmaterialien in der Systematik nicht als eine Kategorie aufgeführt, sondern sind weiter in mineralische, nachwachsende sowie erdölbasierte Dämmstoffe aufgesplittet. Ähnlich ist es bei den Betonen. Hier bilden Normalbeton sowie Leicht- und Magerbeton jeweils eine Kategorie. Andererseits erfordern sie innerhalb vorhandener AVV-Abfallkategorien weitere Unterteilungen in Richtung Einzelmaterialausweisung, so z. B. die Unterteilung von Kunststoff (AVV 170203) in PVC, PE, PP oder sonstige Kunststoffe. Diese weitere Gliederung soll den Weg für ein konsequenteres Recycling ebnen, denn liegen Informationen zu Abbruchmaterialien differenziert vor, sind bessere Voraussetzungen für die Gestaltung von Verwertungswegen gegeben.

Darüber hinaus wird gleichfalls aus Perspektive der Entsorgung reflektiert, ob die mit den AVV-Schlüsselzuordnungen verbundenen Entsorgungswege den wertgebenden Eigenschaften der Baumaterialien gerecht werden, ob sich Probleme im Rahmen der Entsorgung ergeben und was geeignete Lösungen bzw. Alternativen wären. In Tabelle 44 werden dazu die Inhalte relevanter AVV-Abfallschlüssel diskutiert.

Tabelle 44 AVV-Abfallschlüssel und mögliche Probleme bei der Verwertung

Abfallschlüssel	Übliches Vorgehen und Problemlagen
AVV 170107	Putze, Mörtel und Estriche sind für die weitere Aufbereitung des Bauschutts wenig geeignet. Nicht zuletzt aufgrund der möglichen Gipsanteile werden zumindest die qualifizierten Aufbereiter versuchen, diese Massen aus dem Massenstrom zu separieren, der zu Bauprodukten aufbereitet werden soll. Dies erfolgt über ein Vorsieb, das den eigentlichen Aufbereitungsschritten vorgeschaltet ist. Das entstehende Vorsiebmaterial, in dem sich auch in großem Umfang Böden befinden, wird mit einem AVV 19-Schlüssel entsorgt, in manchen Fällen als Erdbaustoff, nicht selten aber auch auf Deponien. Betone und hier insbesondere die Normalbetone sind im gemischten Bauschutt für die meisten Einsatzbereiche die wertgebenden Bestandteile. Ziegelsteine sind durchaus gewünschte Bestandteile. Dies gilt sowohl für Vollziegel als auch für Hochlochziegel. Die Scherbenrohdichte eines klassischen Hochlochziegels kommt den Werten eines typischen Mauerwerkes nahe. Aufgrund ihrer Kornrohdichte gilt dies auch für Kalksandsteine und Betonsteine. Lehmsteine (und damit Lehm als Bodenbestandteil) sind in dem Abfallgemisch angesichts der meist intendierten Verwertungswege kontraproduktiv. Bodenanteile stören die Aufbereitungsschritte bzw. Aufbereitungstechniken. Als Bestandteile des Produktes eigenen sie sich nur im Falle von Baustoffen für den Erdbau. Ein großes Problem werden mit Dämmmaterialien gefüllte Mauersteine darstellen. Der verwertbare Ziegelanteil muss mit separaten Aufbereitungsschritten und hohem Aufwand aus dem Massenstrom erst gewonnen werden und dies aus einem Ausgangsmaterial, das zu > 50 Vol.-% aus Fremd- und Störstoffen besteht. Gesteckte Mineralwollplatten erfordern eine vorgeschaltete Zerkleinerungseinheit, die als Langsamläufer schonend die spröden Anteile bricht (Ziegel) und die flexiblen Platten (Mineralwolle) erhalten lässt. In einem zweiten Schritt können dann die Massen durch Siebung voneinander getrennt werden. Bei ausgeschäumtem Kunststoff ist dies nicht möglich. Faserzementplatten sind als Bestandteil des gemischten Bauschutts eher nicht gewünscht, stellen aber für die Aufbereitung und die letztendliche Verwertung kein größeres Problem dar, schon gar nicht angesichts der eher kleinen Massenanteile. Schaumglasdämmstoffe sind sehr leicht und gegenüber einer für den Straßen- und Wegebau typischen mechanischen Beanspruchung wenig widerstandsfähig. Sie sind deshalb durch den Aufbereiter nicht gewünscht, angesichts der kleinen Mengenanteile aber mit Sicherheit toleriert. Sie werden Teil des Massenstroms, der als Erdbaustoff vermarktet werden kann und sind dort nicht schädlich. Dacheindeckungen bestehen gerade bei Steildächern sehr häufig aus Betondachsteinen oder Dachziegeln. Sie entsprechen in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften dem typischen Bauschuttmaterial und stören daher dessen Aufbereitung nicht. Im Gegenteil tragen sie ein wenig zur Verbesserung der Output-Eigenschaften bei, da sie aus dem Einsatz im Gebäude nicht mit insbesondere Putzen verunreinigt sind. Schüttungen bestehen eventuell aus Schlacken. Bezogen auf die gesamte mineralische Masse eines Bauwerkes sind die Mengenanteile gering. Trotzdem muss darauf geachtet werden, dass über diese Materialien keine Schadstoffeinträge erfolgen. Splitte und Sande sind in dem Abfallschlüssel gewünscht und bringen positive Eigenschaften. Glas ist in diesem Abfallschlüssel dann nicht erwünscht, wenn größere Massenanteile enthalten sind. Die für die Vermarktung des aufbereiteten Materials einzuhaltenden Kriterien kennen eine Limitierung des Glasanteils.

Abfallschlüssel	Übliches Vorgehen und Problemlagen
AVV 170904	Putze, Mörtel, Estriche stellen wie alle mineralischen Bestandteile ein größeres Problem dar. Die Verwertung zielt auf die nicht-mineralischen Abfallmassen, d.h. PPK (Pappe, Papier, Kartonagen), Kunststoffe, Holz. Die mineralischen Anteile führen zu Querverschmutzungen und mindern deren Verwertungseignung. Dies gilt insbesondere für Kunststoffe und PPK. Die organischen Bestandteile wiederum mindern die Qualität bzw. die Entsorgungsmöglichkeiten für die mineralische Teilfraktion, die in den Sortieranlagen abgesiebt wird. Sie stellen Fremd- und Störstoffe dar, die dort möglichst nicht enthalten sein dürfen. Eine Auftrennung zwischen mineralisch und organisch kann nur über zusätzliche Aggregate wie eine Schwimm-Sink-Trennung oder einen Windsichter erfolgen. Aufgrund der sehr geringen Werthaltigkeit des Massenstroms Mineralik ist dieser Zusatzaufwand unverhältnismäßig, d.h. das Material muss nicht selten über Deponien entsorgt werden. Faserzementplatten stellen – wie jeder mineralische Anteil – ein Problem dar (s.o.); sie lassen sich, da grobstückig, jedoch in einer Bauabfallsortieranlage relativ einfach separieren und getrennt entsorgen. Althölzer stellen in den gemischten Bauabfällen eine wertgebende Abfallfraktion dar. Gerade grobstückiger lassen sie sich in einer Sortierung gut separieren und getrennt verwerten. Werden nur Ersatzbrennstoffe hergestellt, sind die Hölzer gewünschte Bestandteile. Dämmmaterialien, die entweder auf Basis nachwachsender Rohstoffe oder synthetischen Materialien produziert wurden, sind als Teil eines gemischten Bauabfalls vor allem dann eher unproblematisch, wenn dieser zu einem sekundären Brennstoff aufbereitet werden soll. Stückige Holzdämmstoffe wie auch synthetische Dämmstoffe lassen sich in der Sortieranlage separieren und bei Bedarf einer getrennten Verwertung zuführen. Dacheindeckungen aus Kunststoffen oder Bitumen werden klassisch zu Ersatzbrennstoffen verarbeitet. Als Bestandteil eines gemischten Bauabfalls stören sie dieses Verwertungsziel nicht. Sollten Kunststoffbahnen auch anderweitig bzw. stofflich verwertet werden, lassen sie sich bei einer Bauabfallsortierung separieren. Unter Sonstige Materialien lassen sich auch Pappen oder Kunststoffe finden. Kunststoffe aus dem Baubereich sind nicht selten PVC. Sollen die gemischten Bauabfälle zu Ersatzbrennstoff aufbereitet werden, stellen diese wegen des Chlorgehaltes (und der potenziellen Dioxinbildung bei der Verbrennung bzw. der Korrosion in den Kraftwerken) unerwünschte Bestandteile dar. Sie werden daher ab Baustelle teilweise separat gehalten oder müssen in der Sortierung der Bauabfälle soweit entnommen werden, dass die entsprechenden Spezifizierungen des Brennstoffes eingehalten werden können.
AVV 1708	Trockenestrich-Platten stellen kein Problem dar. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Material nicht in eine stoffliche Verwertung übergeben wird, sondern – wie im Moment häufig praktiziert – in Uranschlammteichen in der Tschechischen Republik oder Deponien entsorgt werden. Anhydrit-Estrich mag bei dieser Entsorgung toleriert werden. Ist es das Ziel, die Massen einem Gipsrecycling zuzuführen, dürfen Anhydritbaustoffe nicht enthalten sein. Gipskartonplatten sind der klassische Gipsbaustoff, der über diesen Abfallschlüssel getrennt ab Baustelle zur Verwertung bereitgestellt wird. Gewünscht sind hier durchaus auch massive Gipsbaustoffe, wie die Gipsdielen, mit denen massive Innenwände errichtet wurden. Es gibt zahlreiche Länder in Europa, die auf ein funktionierendes Recyclingsystem für diese Gipsbaustoffe verweisen können, in Deutschland gibt es bislang vier Aufbereitungsanlagen, die genau auf die Aufarbeitung von Gipskartonplatten ausgelegt sind. Diese Baustoffe sind in diesem Abfallschlüssel daher explizit gewünscht.
AVV 170101	Betone aus dem Rückbau stellen die Zielfraktion in diesem Abfallschlüssel dar. Gemeint sind hier aber die Normal-Betone. Aus diesen Abfallmassen werden klassisch Straßenbaustoffe hergestellt (Frostschutz- oder Schottertragschichten), die den Anforderungen nach TL SoB StB (FGSV 2007) genügen müssen. Hierfür sind Leichtzuschläge wie insbesondere Bims ungeeignet. Für diese Abfallfraktion stellen Leichtbetone daher eine eher störende Fraktion dar.

Abfallschlüssel	Übliches Vorgehen und Problemlagen
AVV 170504	Lehmbausteine bestehen aus tonigem/schluffigem Boden, der zu Mauersteinen in Form gebracht und anschließend getrocknet wurde. Da man bei diesen Baumaterialien davon ausgehen kann, dass auch Farben oder Putze aus Lehm oder zumindest mineralisch waren, dürfte es kaum zu einer unerwünschten Querbeeinflussung in der Nutzungsphase gekommen sein. Lehmbaufertigbauteile sind noch recht wenig verbreitet. Sie enthalten eine Matrix aus natürlichem mineralischem Material. Lehmbaustoffe lassen sich grundsätzlich auch getrennt halten und wieder zu einem Rohstoff aufbereiten, der wiederum zu Lehmbaustoffen verarbeitet werden kann.
AVV 170102	Mauerziegel lassen sich dann analog zu Dachziegeln als Monofraktion verwerten, wenn sie getrennt und mit besonderer Technik aufbereitet werden. Bislang gibt es bundesweit einen Aufbereiter, der dies mehr oder weniger im täglichen Entsorgungsbetrieb so praktiziert. Problematisch sind die Putzanhaftungen, die eine Nutzung als bspw. Baum- oder Dachsubstrat ausschließen. Die erste Grundvorrausetzung ist daher, dass es sich um möglichst ausschließlich Mauerziegelmaterial handeln muss. Im ersten Schritt erfolgt eine Separation der größeren Ziegelmaterialien, da hier die Anteile Putzoberfläche bezogen auf die gesamte Ziegelmasse entsprechend gering ist. Diese Massen werden dann aufbereitet und die Putzanteile über das Feinmaterial abgezogen. Fallen Dachziegel bei Dachsanierungsmaßnahmen zur Entsorgung an, lassen sie sich sehr gut separat halten. Frei von Anhaftungen und Querverschmutzungen eignen sich diese hervorragend als Ausgangsmaterial für Dachsubstrate (s. o.). Dachziegel können auch in gewissen Anteilen in die Dachziegelproduktion rückgeführt werden, immer dann, wenn an den Produktionsstandorten auf sehr fette Tone zurückgegriffen werden muss und Magerungsmittel benötigt werden.
AVV 170604	Inwieweit mit Dämmstoffen gefüllte Mauersteine diesem Abfallschlüssel zugeordnet werden müssten, ist mit Sicherheit strittig. Da sie zu einem erheblichen Anteil aus mineralischen Materialien bestehen, würden sie in einer typischen Verwertung für Dämmstoffe eher stören. Sie müssten wohl eher bei einem klassischen Bauschuttaufbereiter aufbereitet werden, hier allerdings wegen der hohen Dämmstoffanteile in einer separaten Aufbereitungslinie. Für Dämmstoffe ist dieser separate Abfallschlüssel eingerichtet. Die Entsorgung dürfte nicht selten über die gleichen Verwertungswege erfolgen, wie sie für gemischte Bauabfälle (170904) entwickelt wurden. Einzelne Dämmstoffhersteller entwickeln für einzelne Dämmstoffe separate Rücknahmesysteme, hier vor allem für die Verschnittreste von Baustellen. Diese Systeme funktionieren, unabhängig von einer gemeinsamen Schlüsselung aller Dämmstofftypen.
AVV 170603*	Hierunter fallen die Dämmmaterialien aus Glas- und Steinwolle, soweit sie potenziell gesundheitsgefährdend sind bzw. dieses nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Sie werden ab Baustelle in Big Bags verpackt und in dieser Form auf Deponien abgelagert. Hierunter fallen auch die nicht-mineralischen Dämmstoffe, die mit Flammschutzmitteln behandelt sind, die als persistente organische Schadstoffe (POPs) gelten und nach POP-Abfall-Überwachungsverordnung (BMJV und BfJ 2017) separat bzw. gezielt schadlos entsorgt werden müssen. Bekannt ist dies für das Flammschutzmittel HBCD, das ehemals in Dämmstoffen aus Styrol eingesetzt wurde. Sie gelangen in eine thermische Behandlung und hier in Anlagen, die für diesen Abfallschlüssel eine Zulassung haben.
AVV 170605*	Mit der Zuordnung der Asbestzementplatten zu diesem Abfallschlüssel ist eine schadlose Entsorgung gewährleistet. Verwertungsverfahren existieren nicht mehr, die Entsorgung erfolgt abgepackt in Big Bags auf Deponien. Asbestzementwelltafeln als Dacheindeckungen werden eindeutig diesem Abfallschlüssel zugeordnet. Unter diesen Abfallschlüssel müssten auch die Bitumenbahnen fallen, die mit Asbest versetzt wurden. Sie müssen – da organisch – thermisch behandelt werden und zwar in für diesen Abfallschlüssel zugelassenen Anlagen.

Abfallschlüssel	Übliches Vorgehen und Problemlagen
AVV 170201	Bauhölzer schaden in diesem Abfallschlüssel nicht. Es handelt sich um eine Holz-Monofraktion. Althölzer können jedoch unterschiedlich verwertet werden. Klassisch ist die Aufbereitung zu Holzhackschnitzeln, die als Brennstoff bspw. über Biomasseheizkraftwerke verwertet werden. Holz kann jedoch auch stofflich verwertet und zur Produktion von Holzwerkstoffen (verarbeitetes Holz) verwendet werden. Die Qualität der Hölzer (Anteil an Stör- und Fremdstoffen) und die Schadstoffbelastung bspw. aus Anstrichen und Imprägnierungen entscheiden über die Verwertungsmöglichkeiten und hier sowohl im energetischen wie auch im stofflichen Bereich. Entscheidend ist hierfür die Kategorisierung nach Altholzverordnung (BMJV und BfJ 2002). D.h., Althölzer sollten innerhalb des Abfallschlüssels nach Altholzverordnung möglichst weiter separiert werden. Holzdämmstoffe als Platten und Matten lassen sich ebenfalls diesem Abfallschlüssel zuordnen.
AVV 170204*	Hier handelt es sich um einen Abfallschlüssel, der auch Glas und Kunststoffe mit gefährlichen Verunreinigungen umfasst. Die Zuordnung bedeutet aber in der Praxis eher nicht, dass diese verschiedenen Materialien auch gemeinsam erfasst würden. Altholz nach Kategorien IV nach Altholzverordnung wird einer gezielten Holzaufbereitung übergeben.
AVV 170407	Metalle aus Dacheindeckungen sind die typischen Bleche, die zur Einfassung von Schornsteinen, Entlüftungen und ähnlichen Bauteilen eingesetzt werden müssen, die die eigentliche Eindeckung durchstoßen. In eher seltenen Fällen gibt es auch reine Metalleindeckungen. Es handelt sich um verzinkte Bleche, Aluminium oder auch Messing.
AVV 170302	Unter diesen Abfallschlüssel „Bitumengemische“ fallen insbesondere der Straßenaufbruch bzw. das bei Straßenbaumaßnahmen anfallende Asphaltfräsgut. Bitumeneindeckungen von Dächern lassen sich über deren Verwertungsweg (Heißasphaltmischwerke) eher nicht verwerten. Da sich die Anfallstellen unterscheiden, dürfte eine Durchmischung auch ausgeschlossen sein. Dachbahnen werden in der Regel zusammen mit anderen Materialien zu Ersatzbrennstoffen aufbereitet.
AVV 170203	Fallen Kunststoff-Dachbahnen als Dacheindeckung an, könnten sie als Teil der Fraktion Kunststoffe entsorgt werden. Als grobstückige Elemente lassen sie sich gut nachsortieren in PVC, PE oder PP. Dies gilt auch für die anderen Kunststoffbauteile wie Fensterprofile, Rollläden, Böden, Textilien.
AVV 170202	Für Flachglas aus den Fensterelementen, aber auch für die entsprechenden Fassadenelemente, steht ein separater Abfallschlüssel zur Verfügung. Flachglas wird bei größeren Mengen ab Anfallstelle separat gehalten und einer entsprechenden stofflichen Verwertung zugeführt.
AVV 1501	An Baustellen fallen auch Verpackungsmaterialien an. Dies sind Kunststoffe, Holz-Paletten oder auch Pappen. Sie lassen sich den Verwertungswegen und damit auch den eignen Abfallschlüsseln zuordnen. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie von den Lieferanten der eigentlichen Bauteile zurückgenommen und dort auf den Werkhöfen gebündelt werden können.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Die Diskussion aus Entsorgerperspektive bestätigt den vorliegenden Entwurf für Änderungen und Ergänzungen der Abfallkategorien. So sollten problembehaftete bzw. gefährliche Materialien generell separate Entsorgungswege gehen. Dementsprechend sollten asbesthaltige (Asbestzementplatten, asbesthaltige Dachdeckungen), bitumenhaltige Materialien (Bitumendeckungen, bitumenhaltige Beläge/Bahnen) sowie gipshaltige Materialien (Gipskartonplatten, gipshaltige Putze/Mörtel/Estriche) für sich ausgewiesen werden. Bei Abfallschlüsseln, die spezielle einzelne Materialien zum Inhalt haben, sind teilweise weiter Differenzierungen sinnvoll. So die Unterscheidung bei Beton in Standard- und Leichtbeton, da Leichtbetonanteile den Druckanforderungen z. B. im Straßenbau nicht genügen. Bei Ziegeln sind Reste von Putzen/Mörteln ein Problem, deshalb hier die Auftrennung in Dach- und Mauersteinziegel. Bei den Kunststoffen sind die verschiedenen Arten/Sorten von Bedeutung, PVC,

PE und PP, da sie die Verwertungswege (Recycling, Ersatzbrennstoff) bestimmen. Holz kann thermisch und stofflich verwertet werden; bei beiden ist eine Ausdifferenzierung nach Altholzverordnung sinnvoll. Auch die Dämmstoffe sollten differenzierter betrachtet werden; mineralische unterscheiden sich deutlich von kunststoffbasierten. Dieser „Trennungsgedanke“ wird auch bei der Analyse der beiden Mischfraktionen gemischter Bauschutt (AVV 170107) und gemischter Bauabfall (AVV 170904) deutlich. Prinzipiell denkbare Verwertungswege werden beim Bauschutt meist durch Materialien gestört, deren Eigenschaften nicht zu den Anforderungen des Verwertungsweges passen, z. B. Putz-, Gips- und Dämmstoffanteile in der Beton-Ziegel-Fliesen-Keramik-Fraktion zur Aufbereitung für eine künftige Tragschicht. Auch beim gemischten Bauabfall stören sich z. B. mineralische Materialien und Kunststoffe gegenseitig; auch hier ist ein Auftrennen der Gemische im Einklang mit möglichen Verwertungswegen sinnvoll.

Diese Gedanken verarbeitend, wurden die Baumaterialien des Materialkatasters Abfallkategorien bzw. Abfallschlüsseln zugeordnet. Abbildung 58 zeigt diese Zuordnung beispielhaft für einen Teil der mineralischen Baumaterialien. In den Spalten „Abfallschlüssel“ und „Abfallbezeichnung“ markieren die bordeauxfarben Eintragungen die vorgeschlagenen Änderungen und Erweiterungen. Teilweise sind in einer weiteren Spalte auch prozentuale Anteile ausgewiesen, die eine Schätzung darstellen, zu welchen Anteilen das jeweilige Baumaterial beim Abbruch in den ausgewiesenen unterschiedlichen Abfallkategorien vorliegt. Diese Anteile helfen im Rahmen von Materialkatasterberechnungen, um mengenmäßig von Abbruchmaterial auf seine unterschiedlichen möglichen Abfallkategorien zu schließen. Die komplette Liste der Abfallschlüssel-Zuordnungen befindet sich im Anhang zu Kapitel 4 (Abbildung 126).

Abbildung 58 Zuordnung der Baumaterialien zu Abfallkategorien – Auswahl: mineralische Baumaterialien

Baumaterial-Kategorien		Baumaterial-Beispiel	Abfall-Kategorien Anteile %	Abfall-schlüssel	Abfallbezeichnung
Mineralisch					
Beton					
1	Standardbeton	Standardbeton C 20/25	40	170101	Beton
				170101 01	Normalbeton
			60	170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
2	Leichtbeton	Leichtbeton		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170101 02	Leicht-/Magerbeton
Ziegel					
3	Ziegelsteine	Hochlochziegel	5	170102	Ziegel
				170102 01	aus Mauerwerk
			95	170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
4	Ziegelsteine mit Dämmung	Mauerziegel mit Polystyrolfüllung		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
5	Ziegeldeckung	Ziegel allgemein	20	170102	Ziegel
				170102 01	aus Dacheindeckung
			80	170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
Asbest					
6	Asbestzementplatten	Asbestzementplatten		170605*	asbesthaltige Baustoffe
7	asbesthaltige Dachdeckung	Asbestzementwelltafeln		170605*	asbesthaltige Baustoffe
sonstiges Mineralisches					
8	kalkhaltige Putze, Mörtel	Kalkmörtel	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
9	gips-/anhydrithaltige Putze, Mörtel	Kalkgipsmörtel	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
10	ton-/lehmhaltige Putze, Mörtel	Lehmputz-Mörtel	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
11	Putze, Mörtel mit synthetischen Anteilen	Wärmedämmputz (PS-Kügelchen)	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
12	kalkhaltige Estriche	Zementestrich	99,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
				170107[a)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				1708[a)]	Baustoffe auf Gipsbasis
			[a)] Wenn Estriche schwimmend verlegt sind, werden sie separat herausgenommen und sind separierbar/zuordenbar.		
13	gips-/anhydrithaltige Estriche	Anhydritestrich	94,5	170107[b)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
			[b)] Gips läuft über 170107, wird aber über eine Deponie entsorgt.		
			0,5	170106*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
			5	1708	Baustoffe auf Gipsbasis
14	Trockenestrich (gips-/anhydrithaltig)	Gipsfaserplatten	94,5	170107[b)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
			[b)] Gips läuft über 170107, wird aber über eine Deponie entsorgt		
			0,5	170106*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
			5	1708	Baustoffe auf Gipsbasis

Quelle: eigene Darstellung

Durch das Verknüpfen der Baumaterialien mit den differenzierten Abfallschlüsseln können Bezüge zu möglichen Verwertungswegen hergestellt werden. Verknüpfungen, die auf einzelne Materialien fokussieren, sind dabei gegenüber jenen, die Abbruchgemische aus verschiedenen Materialien

darstellen, mit Blick auf mögliche Verwertungen und Recycling deutlich im Vorteil. Damit ist die unmittelbare Anknüpfung an Geschäftsmodelle von Akteuren der Entsorgungswirtschaft möglich.

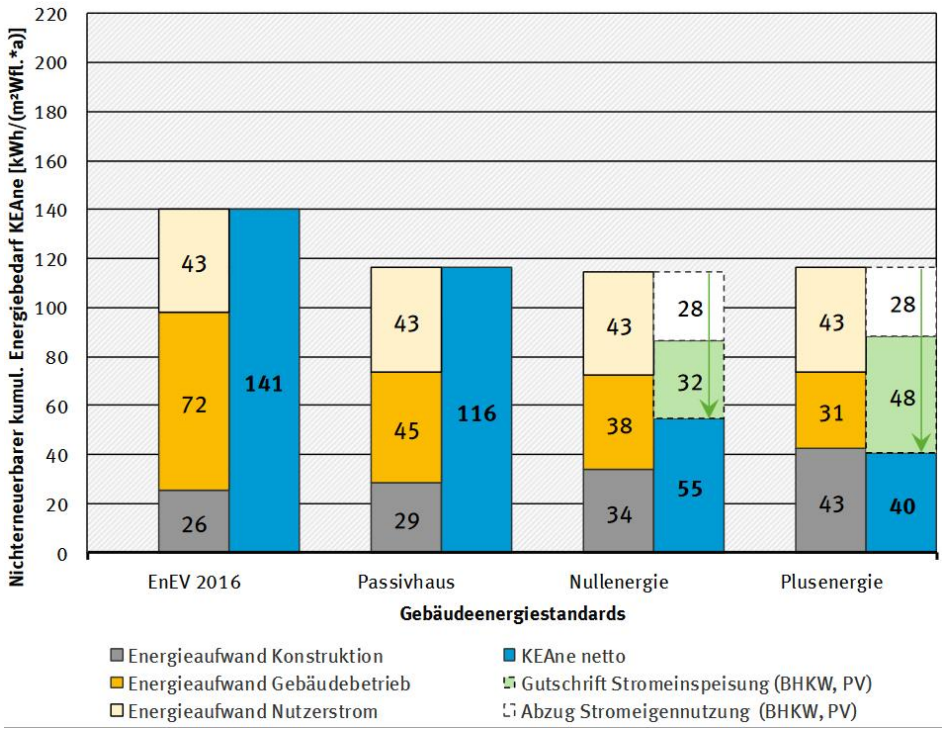
4.4.3.4 Materialinduzierte „Graue Emissionen“

Bei der Produktion von Baumaterialien entstehen materialinduzierte „Graue Emissionen“. Im Rahmen des Materialkatasters ist die Verknüpfung mit diesen eine wichtige Voraussetzung, um Bezüge zur Klimadiskussion herstellen zu können, beispielsweise bei der Aufstellung von Klimaschutzprogrammen.

Im Baubereich bezeichnet „Graue Energie“ die Summe der Energieaufwände für die Herstellung und Instandsetzung aller Bauteile und Materialien eines Gebäudes und den Aufwand für den Rückbau des Gebäudes. Nicht enthalten ist die Betriebsenergie, die für den Betrieb und Unterhalt eines Gebäudes benötigt wird (BBSR 2019). „Graue Emissionen“ leiten sich daraus ab. Da die „Grauen Emissionen“ eines gut gedämmten Gebäudeneubaus ungefähr gleich groß denen für seinen Wärmebedarf und Hilfsstrom in 50 Jahren sein können, ist es wichtig den Energieverbrauch von Gebäuden ganzheitlich zu betrachten. So fordern das Bauwende-Bündnis und auch die DGNB die Aufnahme einer verpflichteten vergleichenden Ökobilanz – einer Methode zur Quantifizierung von Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus von Produkten – in das GEG (Bauwende-Bündnis für Klimaschutz und Ressourcenschonung im Bau 2019, DGNB 2016). Und auch das BBSR empfiehlt für eine schnelle Umsetzung der Berücksichtigung von „Grauen Emissionen“ im Ordnungsrecht das Einführen einer vereinfachten Nachweismethode sowie die Unterstützung mit Fördermitteln des Mehraufwands in der Planung während der Einführungsphase (BBSR 2019).

Die ganzheitliche Betrachtung von Grauer und Betriebsenergie eines Gebäudeneubaus in „üblicher“ (business as usual) Bauweise zeigt, dass die Bedeutung des Energieaufwands für die Baukonstruktion gegenüber dem für den Gebäudebetrieb mit steigendem Energiestandard zunimmt. Mahler et al. (2019) weisen im Rahmen der Analyse verschiedener Gebäudetypen und Versorgungsstrukturen auf diesen Zusammenhang hin (Abbildung 59).

Abbildung 59 Nichterneuerbarer kumulierter Energiebedarf nach Gebäudeenergiestandards für übliche Varianten Neubau Mehrfamilienhäuser



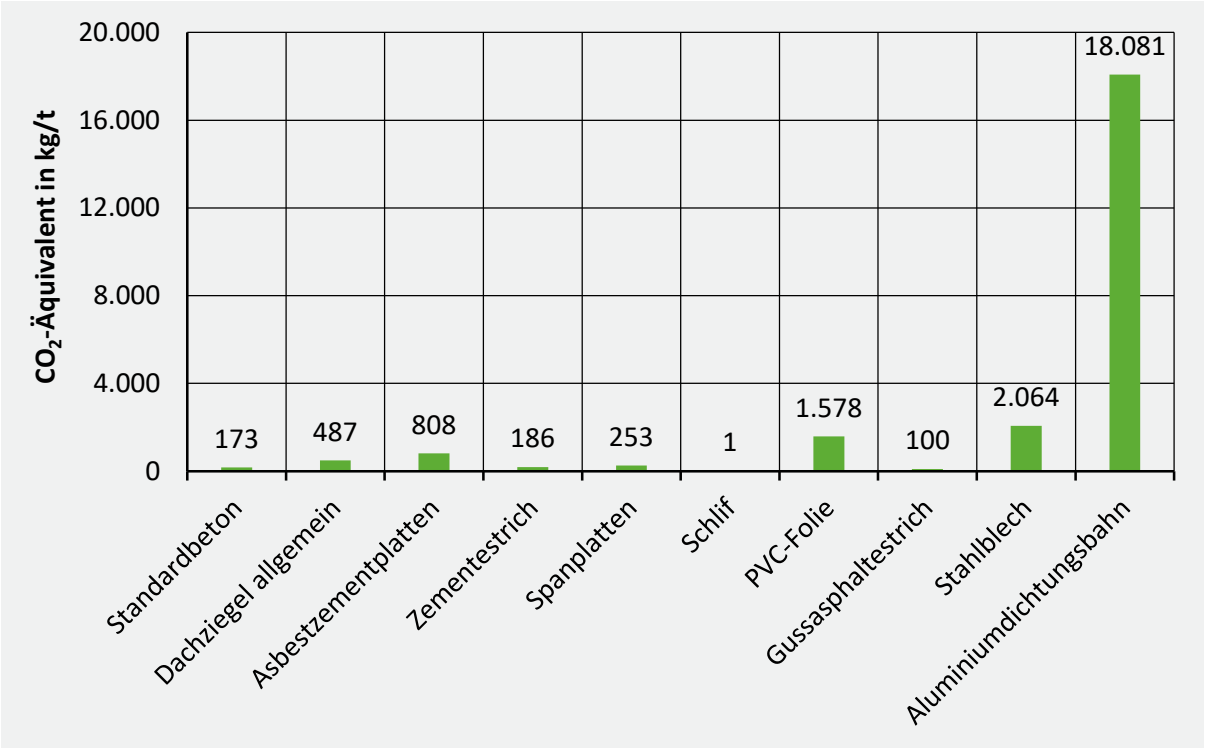
Quelle: Mahler et al. (2019), Seite 50

„Graue Energien“ und damit „Graue Emissionen“ lassen sich vor allem durch die Bauweise beeinflussen. Die Höhe der „Grauen Energie“ für die Baukonstruktion kann bei der Planung verringert werden, indem auf eine konstruktive Gestaltung, eine sinnvolle Baumaterialauswahl und eine fehlerfreie Bauausführung sowie einen reibungslosen Rückbau geachtet wird (Püschel und Teller 2013). Eine konstruktive Gestaltung bedeutet, wo es sinnvoll ist, Leichtbauweisen zu verwenden, die Bauteile ihrer Lebensdauer entsprechend einzubauen und so eine maximale Lebensdauer zu garantieren sowie die Wiederverwendbarkeit von Bauteilen anzustreben. Bei der Baumaterialauswahl ist auf Rückbaufähigkeit zu achten. Die Materialien sollten RC-fähig sein und auf nachwachsenden Rohstoffen basieren. Außerdem sollten sie mit möglichst geringem Pflege- und Wartungsaufwand verbunden sein. Bei Bauausführung und Rückbau sind vor allem die Konstruktion und die Anwendung von wieder lösbaren reversiblen Verbindungen von Bedeutung.

Der Aspekt der „Grauen Energie“/Emissionen wird im Materialkataster durch die verwendeten Baumaterialien und die bei ihrer Herstellung induzierten Treibhausgasemissionen integriert. Bei der Ermittlung von Kennzahlen zu „Grauen Emissionen“ von Baumaterialien ist zu beachten, dass es nicht das eine Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Grauen Emissionen gibt, sondern dass unterschiedliche Werte entstehen können, abhängig von den vorgenommenen Abgrenzungen. So sind die Normierungsgrundlagen für die Erstellung von Ökobilanzen DIN EN ISO 14040 und 14044 nicht speziell auf den Baubereich ausgelegt, weshalb zahlreiche Annahmen nötig sind und auch nur eine eingeschränkte Ergebnissicherheit besteht. Die Verwendung von Daten aus Ökobilanzdatenbanken wie z. B. GEMIS (IINAS o.J.), Ökobaudat (BMI o.J.) und ergänzend aus EPDs (Environmental Product Declaration) kann zu einer Vereinheitlichung beitragen (Püschel und Teller 2013). International gibt es noch weitere Datenbanken, die Daten zu „Grauen Emissionen“ liefern. So nutzen z. B. Stephan und Athanassiadis (2016) für die Kartierung der „Grauen Energie“ des Melbourner Gebäudebestandes ICE (Circular Ecology Ltd o. J.) und ecoinvent (ecoinvent o. J.) sowie die Database of Embodied Energy and Water Values for Materials (Crawford und Treloar 2010).

Für die Ermittlung der „Grauen Emissionen“ im Materialkataster wurde GEMIS Version 4.6. (IINAS o.J.) genutzt. Grund für die Auswahl von GEMIS ist die Datenverfügbarkeit. Mit GEMIS konnte den meisten der einzelnen Baumaterialien ein Kennwert (kg CO_2-Äquivalent pro Tonne Baumaterial) zugeordnet werden. Abbildung 60 zeigt dies für je ein Baumaterialbeispiel der Gruppen Beton, Ziegel, Asbest, sonstiges Mineralisches, Schnittholz/verarbeitetes Holz, sonstiges Nachwachsendes, Kunststoffe, Bitumenhaltiges, Eisenmetalle und Nichteisenmetalle.

Abbildung 60 CO_2-Äquivalentswerte unterschiedlicher Baumaterialien im Vergleich – Auswahl



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von GEMIS-Daten

Die Zuordnungen sind mit Unsicherheiten verbunden, da eine passgenaue eindeutige Zuordnung, wie z. B. Standardbeton zu Standardbeton oder Spanplatten zu Spanplatten, nicht immer möglich ist. In einigen Fällen erfolgen Zuordnungen, die eine Annäherung darstellen. So sind in GEMIS z. B. keine CO_2-Daten zu Leichtbeton ausgewiesen. Annäherungsweise werden Werte von Leichtbetonsteinen verwendet. Ebenso ist Zementmörtel nicht in GEMIS aufgeführt. Hier werden die Werte von Zementestrich genutzt. Und auch für die in Abbildung 60 dargestellten Asbestzementplatten sind keine Angaben vorhanden. Ihnen sind die Daten von Faserzementplatten zugeordnet, wohl wissend, dass teilweise nicht zutreffende Inhaltsstoffe sowie Verarbeitungs- und Herstellungsprozessschritte nur zu Annäherungswerten für „Graue Energie“ und „Graue Emissionen“ führen. Diese Unsicherheiten müssen beim Umgang mit „Grauen Emissionen“ bedacht werden. Erweiterungen der entsprechenden Datenbanken (GEMIS, Ökobaudat) zu noch nicht integrierten Baumaterialien können hier Abhilfe schaffen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt im Rahmen der Nutzung von Werten zu „Grauen Emissionen“ ist speziell beim Baumaterial Holz der Umgang mit „Gutschriften“ im Sinne der Einlagerung von Kohlenstoff bzw. CO_2. „Kohlenstoffspeicher sind zeitlich befristete Einlagerungen von Kohlenstoff, durch die Kohlenstoff stofflich gebunden und somit der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre reduziert wird.“ (Lehmann et al. 2015). Die Speicherung bzw. Einlagerung von CO_2 ist jedoch zeitlich begrenzt und ihre Dauer lässt sich im Voraus nicht genau bestimmen. Zwar kann bezüglich der durchschnittlichen CO_2-Speicherung ein Zeitraum für die stoffliche Nutzung im Baubereich sowie das Aufforsten von Wäldern gesetzt werden. Dieser ist jedoch ein theoretischer Wert und kann sich in der Praxis jederzeit ändern (Herold 1998). Die Diskussionen zu dieser Problematik sind noch nicht abgeschlossen, sollten aber im Blick bleiben. In den GEMIS-Werten zu Holz und verarbeitetem Holz ist der CO_2-Einlagerungsaspekt derzeit nicht integriert (keine CO_2-Gutschrift).

Mit Hilfe der CO_2-Äquivalentswerte der in der Baumaterialsystematik integrierten einzelnen Materialien können durchschnittliche Emissionskennzahlen für unterschiedliche Bauwerkstypen berechnet werden, je nach Bedarf für unterschiedliche Gebäudearten (Ein-/Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Schulen, Büro-/Verwaltungsgebäude, Produktionshallen etc.) und im Kontext

möglicher Eigentums- und Finanzkonstellationen (privat, öffentlich, sozial gefördert, frei finanziert etc.). Sie sind die Basis für die Berechnung von Treibhausgasen im Materialkataster und können helfen, Hieraus resultierende Beiträge zu Treibhausgasemissionen einzuschätzen und circular economy Aspekte mit Klimaschutzaspekten zu verknüpfen.

4.5 Konkretisierung und Erprobung von Materialkatastern in Fallbeispielen

4.5.1 Dialogorientiertes Konzept

Ausgehend von dargelegten Grundlagen zur Aufstellung von Materialkatastern wurden im Dialog mit Praxisakteuren aus zwei Fallbeispielregionen (Hansestadt Hamburg und Landkreis Meißen) Spezifika zur Anwendung von Materialkatastern herausgearbeitet. Gemeinsam mit Akteuren mit Verantwortung in der kommunalen Verwaltung in Bereichen, die Bezüge zu Materialflüssen im Hochbau aufweisen, wurden Fragen und Informationsbedarfe weiter spezifiziert. Anknüpfungspunkte an Planungsaufgaben wurden explizit benannt und Materialkataster so eingesetzt, dass sie unterstützend wirken. Zwei Fallbeispielgebiete wurden betrachtet: Einerseits ein Landkreis – die Fallbeispielregion Meißen und andererseits ein urban geprägtes Gebiet – die Hansestadt Hamburg. Aktiv eingebunden von Beginn an war je Fallbeispiel ein Hauptakteur mit Querschnittsaufgaben und in enger Abstimmung mit diesem wurden weitere Akteure einbezogen. Beim Fallbeispielpartner Hamburg war dies eine Gruppe von Vertretern der Behörde für Umwelt und Energie (BUE) und weiterer Behörden, die sich mit strategischen Nachhaltigkeitsfragen auseinandersetzen. Im Landkreis Meißen bildeten diese Gruppe der Leiter des Dezernats Technik, Vertreter zugehöriger Ämter, des Zweckverbandes Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (ZAOE), Vertreter der Regionalplanung und Akteure mit Verantwortung in der Stadtplanung.

Leitend für die Fallbeispielerprobung waren folgende Fragestellungen:

(1) Welche Informationen sind an welcher Stelle erforderlich, um die Materialien in den Bauwerken von Städten und Regionen sowie die entsprechenden Materialflüsse nachhaltiger bewirtschaften zu können?

(2) Wie können diese Informationen in geeigneter Form bereitgestellt und handlungsleitend genutzt werden?

4.5.2 Spezifizierte Anforderungsprofile für die Fallbeispielregionen

Nachstehend werden die Anforderungen an Materialkataster beschrieben, die in gemeinsam mit Vertretern der Fallbeispielregionen abgestimmt und diskutiert wurden.

Fallbeispiel Landkreis Meißen

Das Dezernat Technik des Landkreises Meißen sah interessante Themen in Bezug auf übergreifende Planungsaufgaben, die in Richtung „kommunales Rohstoffschutzprogramm“ zielen. Der Rohstoffschutz durch Kreislaufwirtschaft könnte dabei übergreifend unter Einbindung der Regionalplanung (Rohstoffsicherung), der Abfallwirtschaft (Kreislaufwirtschaft) und der Stadtplanung (Entwicklung von Bausubstanz) betrachtet und diskutiert werden. Als wichtige Themen werden Rohstoffsicherung, Bausubstanz, Abrissmassen und Deponievolumen benannt.

In diesem Zusammenhang wird betont, dass Sachsen geologisch über große Vorräte an Kiesen und Sanden verfügt und diese auch exportiert. So “fließen“ Kiese und Sande über weite Entfernungen aus der Region, z. B. nach Berlin und Hamburg. Dabei werden überwiegend Körnungen >2mm vermarktet, da in den Zielregionen selbst feinkörnige Sande vorhanden sind, nicht aber Gesteinsaggregate größerer Kornklassen. Zur Gewinnung entsprechender Körnungen erfolgt u. a. im Spülverfahren. Die Sande werden bei der Kiesgewinnung ausgespült und nicht weiter genutzt.

Die Regionalplanung ist zuständig für die Rohstoffsicherung in Bezug auf mineralische Massenbaustoffe. Zukünftige Bedarfe werden aus zurückliegenden Bedarfen fortgeschrieben. Dabei wird nicht berücksichtigt, wo die Rohstoffe verwendet werden, d. h., zwischen „Eigenbedarf" in der Region und Export in andere Regionen wird nicht unterschieden. Potenzielle Veränderungen der Nachfrage durch Rohstoffeffizienzstrategien werden nicht reflektiert.

Aus Sicht der Abfallwirtschaft gehen Überlegungen der Unterstützung von Planungsaufgaben durch ein MK generell auf in zwei Richtungen. (1) Ein Materialkataster könnte Pauschalaussagen zu Materialgehalten zu einzelnen Gebäuden treffen. Dies könnte ggf. Möglichkeiten eröffnen, Plausibilitätsprüfungen bei (genehmigungspflichtigen) Abrissvorgängen vorzunehmen. Größer ist das Interesse bzw. sind die Erwartungen an das Kataster aber hinsichtlich Informationen für gesamte Bestände und daraus zu erwartende Bauabfallströme. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, Bezüge zu Planungsaufgaben herzustellen, die sich bei der Gestaltung und Planung von Entsorgungsalternativen stellen.

Zudem verwiesen die Vertreter des Abfallzweckverbandes auf Herausforderungen der Entsorgungswirtschaft in Bezug auf Problemstoffe bzw. Stoffe mit Gefährdungspotenzial. Beispielhaft werden u. a. erdölbasierte Dämmstoffe (Flammschutzmittel), Dachpappen, Asbest, bestimmte Farben (Titanoxid) genannt. Hier wäre es interessant, wenn die Materialinformationen aus dem Kataster auch Einschätzungen zu den Gefährdungspotenzialen geben könnten. Gefahrstoffe müssen in der Regel gesondert auf Deponien entsorgt werden.

In Bezug auf Belange der Stadtplanung blieben die formulierten Anforderungen vage. Grundsätzliches Interesse gilt der Einschätzung der Größenordnungen zu erwartender Bauabfallströme - als Hintergrundinformationen um über Einflussmöglichkeiten der Stadtplanung auf Baumassenströme nachzudenken.

Fallbeispiel Hansestadt Hamburg

Durch verbesserte Energiestandards sinken die Energieverbräuche von Gebäuden. In Relation dazu steigt die Bedeutung der „Grauen Energie" in Baumaterialien. Bislang gibt es in Hamburg keine Zielwerte für den Verbrauch an „Grauer Energie", an dem kommunale Maßnahmen ausgerichtet werden können. Das Materialkataster wird als Möglichkeit gesehen, eine Diskussion diesbezüglich zu unterstützen. Z. B. werden Klimaplan der Stadt Graue Emissionen derzeit nicht betrachtet.

„Graue Energie" wird auch aus Sicht des Denkmalschutzes mit Interesse „beobachtet", da Denkmalschutz und der damit verbundene Erhaltungsanspruch sich positiv hierauf auswirken kann und neben dem kulturellen Wert von Denkmälern ein „ökologischer Wert" darstellbar wäre.

Die Abfallwirtschaft ist verantwortlich für die Gewährung der Entsorgungssicherheit. Um dies proaktiv gestalten zu können, ist die zentrale Frage, welche Materialien in welcher Qualität zu welchem Zeitpunkt anfallen. Wie können diese entsorgt werden? Welches Potenzial der Kreislaufführung lässt sich aufzeigen? Neue Herausforderungen ergeben sich in Bezug auf die Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung (Sortierkapazitäten) und der Mantelverordnung (Entsorgungskapazitäten). Informationen hierzu können aus der Abfallstatistik nur sehr eingeschränkt entnommen werden.

Seitens der Siedlungsplanung und Stadtentwicklung wurde auf mögliche Fragen hingewiesen, die sich im Zusammenhang größerer Siedlungserweiterungen stellen können, insbesondere dann, wenn diese durch Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) begleitet werden. Hierbei können sich Fragen der Ressourcenverfügbarkeit stellen, die bislang pauschal „abgehandelt" werden.

4.5.3 Machbarkeitsbetrachtungen mit frei verfügbaren Daten

Um den Dialog zu starten wurden grundsätzliche Möglichkeiten regionaler Materialkataster für die Fallbeispielgebiete dargestellt und diskutiert. Dabei lag der Fokus auf sehr einfachen Darstellungen

unter Nutzung frei verfügbarer Daten. Es wurde auf Sachdaten aus der Bautätigkeitsstatistik, auf Geodaten aus verfügbaren öffentlichen Datendiensten (ATKIS, ALKIS, LOD) sowie auf öffentlich verfügbare Materialkennziffern (IÖR o.J. a) zurückgegriffen.

4.5.3.1 Materialkataster auf Grundlage von Geodaten

Zur regionalisierten Erfassung des Bauwerksbestands auf Grundlage von Geodaten wurde auf Vektordaten der Geobasisprodukte Hausumringe, ATKIS-Basis-DLM, ALKIS und 3D-Gebäudemodelle (LoD1) zurückgegriffen sowie die Kombination dieser Daten (s. hierzu Ausführungen in Abschnitt 4.3.2). Es zeigt sich, dass die Qualität diese grundsätzlich bundesweit verfügbaren Datenprodukte regional unterschiedlich ist. Dies betrifft den „Befüllungsgrad" der Merkmale (mit Merkmalsausprägungen) sowie den Grad der Detaillierung der Merkmale.

Mit Hausumringen und ATKIS zum Materiallager

Die Verschneidung der Hausumringe mit den ATKIS-Objektarten der Objektartengruppe Siedlung ergab, dass die Hausumringe im Landkreis Meißen nach 31 Nutzungen und in der Hansestadt Hamburg nach 44 Nutzungen differenziert werden konnten. In Hamburg ist jedoch eine vollständige Differenzierung nach dem Attribut Funktion zu verzeichnen. In Sachsen ist beispielsweise das Attribut Funktion für die Flächen besonderer funktionaler Prägung nicht vergeben. Durch die Verschneidung der Hausumringe mit ATKIS wurde den Hausumringe-polygonen eine Nutzung entsprechend der ATKIS Attributierung zugeordnet. Damit liegen Angaben zu Gebäudeanzahl nach Nutzung vor. Dies kann mit entsprechenden Materialkennziffern (t/Gebäude) verknüpft werden, differenziert nach den sieben Nichtwohngebäudearten Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, Landwirtschaftliche Betriebsgebäude, Fabrik- und Werkstattgebäude, Handels- und Lagergebäude, Hotels und Gaststätten, Sonstige Nichtwohngebäude sowie einem Wohngebäudetyp, der über die frei verfügbaren GIS-Daten nicht weiter differenziert werden kann. Es wurden ausschließlich Gebäudepolygone größer 30 m^2 berücksichtigt, da Kleinstgebäude mit den Materialkennziffern nicht abgedeckt sind. Die Pauschalität der Materialkennziffern, die hier angewendet werden können als unzureichend erscheint (nur festgemacht an „Stück Gebäude")

Mit LOD1 zum Materiallager

Ein alternativer Weg zur Ermittlung regionaler Materiallager führt über die Nutzung von 3D-Gebäudemodellen (LOD1) (s. hierzu Ausführungen in Abschnitt 4.3.2). Genutzt wurde der 2D-Gebäudegrundriss mit allen verfügbaren Gebäudeattributen Gebäudegrundfläche, Gebäudehöhe und Gebäudefunktion. Attributspalten zur Geschossigkeit sind vorhanden, jedoch kein Pflichtfeld und somit nicht gefüllt. Der Vorteil der Nutzung von LOD1-Daten ist, dass die Gebäudefunktion grundsätzlich direkt am Gebäudepolygon durch ein entsprechendes Attribut angelegt ist. Auch hier zeigen sich in der Regionalisierung Unterschiede in der Datenqualität.

Insgesamt weisen LOD1-Daten des Landkreises Meißen 34 unterschiedliche Funktionen auf, wobei diese Differenzierung sich ausschließlich auf Nichtwohngebäude beschränkt. Wohngebäude sind nicht ausgewiesen. Den 34 Gebäudefunktionen wurden wiederum, analog zu den oben beschriebenen Nutzungsarten aus ATKIS, die überwiegend zugehörigen Gebäudearten Anstaltsgebäude, Büro- und Verwaltungsgebäude, Landwirtschaftliche Betriebsgebäude, Fabrik- und Werkstattgebäude, Handels- und Lagergebäude, Hotels und Gaststätten sowie Sonstige Nichtwohngebäude der Materialkennzifferstatistik zugeordnet. Jedoch sind nur 3% aller Gebäudepolygone größer 30 qm im Untersuchungsgebiet Landkreis Meißen mit einer nutzbaren Gebäudefunktion versehen. Alle anderen Gebäudepolygone, insbesondere alle Wohngebäude, weisen die Gebäudefunktion 9998 (Nach Quellenlage nicht zu spezifizieren) auf. Aufgrund der unzureichenden Ausweisung der Gebäudefunktion bestand deshalb dringender Qualifizierungsbedarf des LOD1-Datensatzes. Hierfür wurde der Gebäudelayer aus ALKIS genutzt. Dieser spezifiziert die Gebäudefunktion in Sachsen in vier Ausprägungen Wohngebäude (1000),

Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe (allgemein) (2000), Gebäude für öffentliche Zwecke (3000) und 9998 (Nach Quellenangabe nicht zu spezifizieren). Durch räumliche Verschneidung (spatial join) der LOD1-Gebäudepolygone mit den Centroiden der ALKIS-Gebäudepolygone konnten im Ergebnis knapp 80% aller LOD1-Gebäudepolygone größer 30 qm mit einer Gebäudefunktion versehen werden. Lediglich 20% der Polygone sind weiterhin hinsichtlich ihrer Funktion nicht spezifizierbar. Im Ergebnis dieses Prozesses wiesen die LOD1-Gebäudedaten des Landkreises Meißen nunmehr 38 unterschiedliche Funktionen auf, wobei die Wohngebäude als eine Funktion inkludiert sind. Die Wohngebäude sind jedoch nicht weiter differenziert.

Die Gebäudedaten für Hamburg sind nahezu vollständig hinsichtlich des Attributfeldes Gebäudefunktion attribuiert. Insgesamt wurden 187 verschiedene Gebäudefunktionen identifiziert. Darunter sind auch 12 unterschiedliche Arten von Wohngebäuden, wobei sich die Differenzierung auf eingelagerten gewerblichen Nutzungen gründet. Die benötigte Differenzierung der Wohngebäude nach Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie nach Baualter ist auch in Hamburg nicht möglich. Die Nichtwohngebäude sind sehr detailliert ausdifferenziert. Wie bereits oben beschrieben, erfolgte auch für die 187 Gebäudenutzungen Hamburgs die Zuordnung zu den sieben Gebäudearten der Nichtwohngebäude sowie dem Wohngebäude der Materialkennzifferstatistik. Einige Gebäudepolygone wiesen Gebäudefunktionen auf, die keiner Gebäudeart der Materialkennzifferstatistik zuordenbar waren bzw. auch keine Gebäude im Sinne der Statistik darstellen. Das sind beispielsweise verschiedene Arten von Kränen, Tanks, Carports oder Überdachungen.

Den ermittelten Gebäudefunktionen aus LOD1 wurden nun sowohl für den Landkreis Meißen als auch die Hansestadt Hamburg die passfähigen Gebäudearten der Materialkennzifferstatistik zugeordnet. Da LOD1-Gebäudedaten sowohl mit Gebäudegrundfläche als auch Gebäudehöhe attribuiert sind, kann für jedes Gebäudepolygon das Volumen berechnet werden. Deshalb konnten jedem LOD1-Gebäudepolygon die Materialkennziffern neben dem Wert für t/Gebäude auch der Wert für t/m^3 BRI pro Baustoffe und pro Gesamtgebäude zugeordnet werden. Über die Multiplikation der Materialkennziffer mit dem errechneten Volumen des LOD1-Gebäudes ergibt sich für jedes Gebäude ein gebäudespezifisches Materiallager in Abhängigkeit seiner Größe und Höhe.

Durch Aggregation der Materiallager der Einzelgebäude lässt sich die Verteilung der Baustoffmassen veranschaulichen. Die Darstellung kann für Wohngebäude und Nichtwohngebäude sowie für einzelne Baustoffe separat erfolgen.

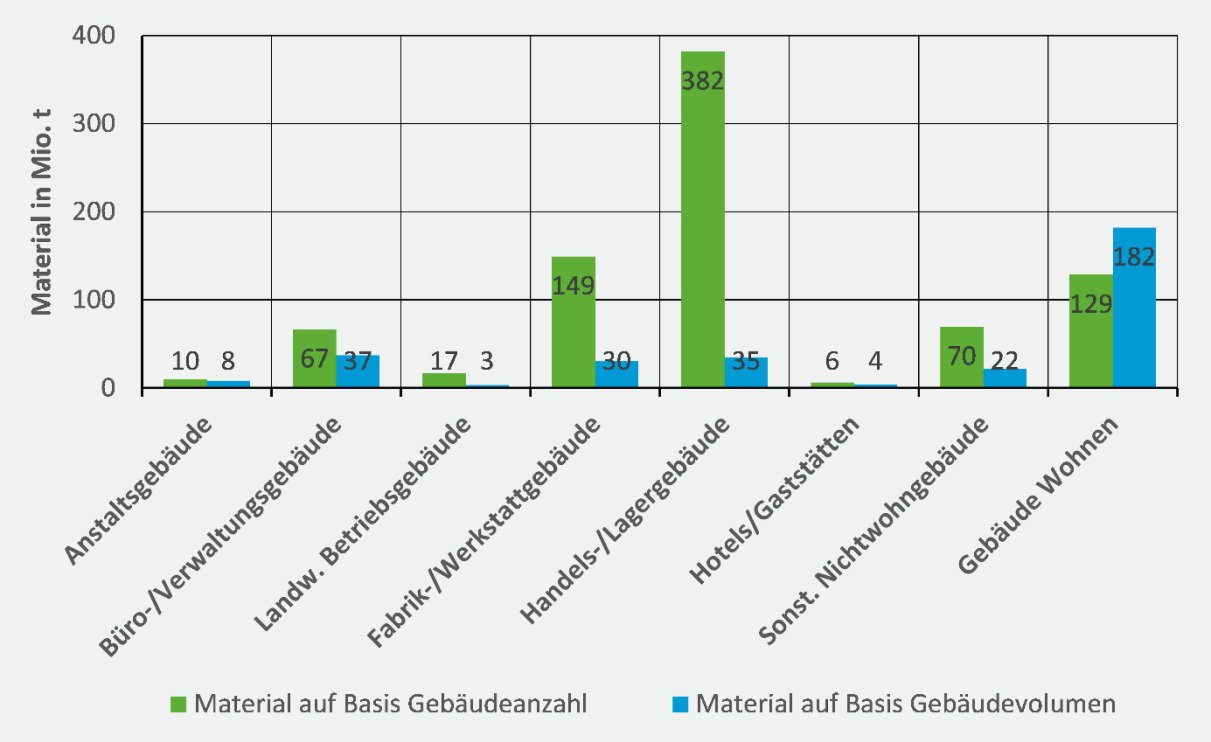
Für Hamburg erfolgte eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Ermittlung des Materiallagers über Hausumringe und ATKIS mit den Ergebnissen der Ermittlung über die LOD1-Daten. Die LOD1-Daten erfassen hinsichtlich der Gebäudeanzahl ca. zehn Prozent mehr Gebäude und hinsichtlich der Gebäudegrundfläche zwei Prozent mehr Gebäudefläche insgesamt. Die Gebäudeanzahl beträgt bei der Kombination von Hausumringen und ATKIS 293,2 Tsd. Gebäude, bei den LOD1-Daten 326,0 Tsd. Gebäude. Die Gesamtgebäudegrundfläche ist jedoch bei beiden Datensätzen ähnlich (Kombination von Hausumringen und ATKIS 66,7 Mio. qm, bei den LOD1-Daten 68,2 Mio. qm). D.h. die LOD1-Daten weisen Gebäude detaillierter aus.

Bei der Kombination aus Hausumringen und ATKIS sind hinsichtlich der Gebäudeanzahl nur neun Prozent mit einer Nichtwohngebäudenutzung erfasst, hinsichtlich der Gebäudegrundfläche beträgt der Anteil 37%. In den LOD1-Daten sind 30% der Gebäudepolygone mit einer Nichtwohngebäudenutzung versehen, der Gebäudegrundflächenanteil an allen Gebäuden beträgt 51%. D.h. hinsichtlich der Gebäudegrundfläche werden durch die Kombination aus Hausumringen und ATKIS lediglich 71% der Gesamtgebäudegrundfläche der Nichtwohngebäude erfasst.

Die Ermittlung des Materiallagers auf Basis der Gebäudeanzahl, d.h. über die Materialkennziffer t/Gebäude, ergab für Hamburg über Hausumringe und ATKIS in Summe 326,3 Mio. t, über die

LOD1- Daten 829,2 Mio. t. Unter Nutzung der Materialkennziffer t/m³ BRI wurde für die LOD1-Daten über das realitätsnahe Gebäudevolumen ein Materiallager von 321,3 Mio. t errechnet. Der Vergleich der Werte der LOD1-Daten zeigt eine deutliche Überschätzung der Berechnung des Materiallagers bei der Zugrundelegung des Materialkennziffer-Wertes t/Gebäude wie in der nachstehenden Abbildung 61 erkennbar.

Abbildung 61 LOD1-Daten-Vergleich – Basis Gebäudeanzahl und Gebäudevolumen



Quelle: Eigene Berechnungen, LOD1

4.5.3.2 Materialkataster auf Grundlage von Sachdaten

Gebäudebezogene Sachdaten lassen sich unterscheiden nach Nutzung (Wohnen und Nichtwohnen) nach Bestand und Bestandsveränderung sowie nach Typen der Bestandsveränderung - Zugang (Neubau) und Abgang (Abriss). Unterschieden wird nach den Kategorien Bestand/Veränderung, der räumlichen Ebene, auf der die Daten berichtet werden, der sachlichen Differenzierung, dem Bezugsjahr sowie der Datenquelle.

Für den Bereich Wohnen ist die Datenlage vergleichsweise gut. Sowohl Bestände als auch die positiven Bestandsveränderungen werden auf der Ebene der Gemeinden (Landkreis Meißen) bzw. Stadtteile (Hansestadt Hamburg) berichtet. Die Merkmale differenzieren nach Gebäudetypen und Baualter (auf Gemeinde- bzw. Bezirksebene) und weisen unterschiedliche Bezugsgrößen aus. Deutlich geringer ist der Informationsgehalt der negativen Bestandsveränderungen. Hier liegen Angaben auf Landesebene vor. Zwar wird nach Gebäudetypen, Baualter (nur in Sachsen, nicht in Hamburg) und verschiedenen Bezugsgrößen differenziert, die Erfassung und damit auch die Datenberichtung sind allerdings sehr lückenhaft, sodass die Daten den Abgang deutlich unterschätzen.

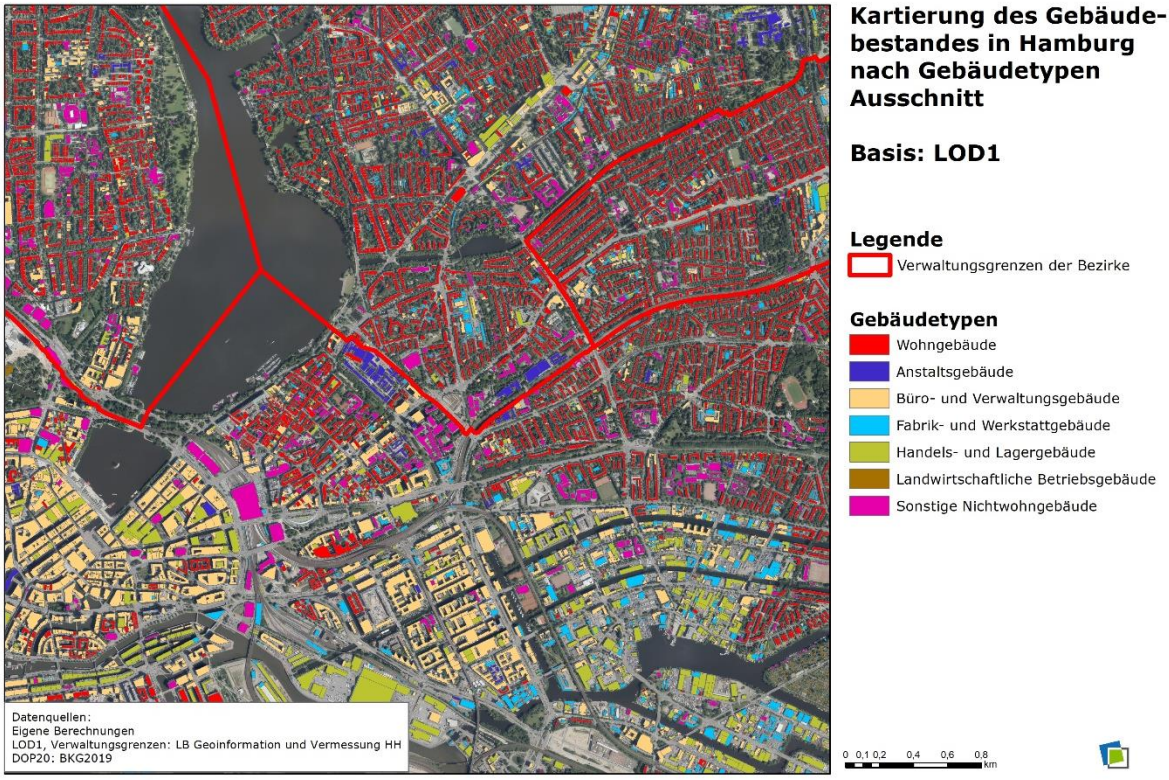
Im Bereich Nichtwohnen ist die Datenlage erwartungsgemäß auch in den Fallbeispielen deutlich schlechter: Es erfolgt keine Erfassung des Bestands und Baufertigstellungen werden hinsichtlich des Merkmals Nutzungsarten nur auf Landkreisebene bzw. für gesamt Hamburg berichtet. Auf Gemeindeebene sind die frei verfügbaren Daten zu den Zugängen auf die Anzahl und Fläche der Nichtwohngebäude insgesamt beschränkt. Bauabgangsdaten werden im Landkreis Meißen in der Differenzierung nach Nutzungsarten veröffentlicht, in Hamburg auf Anfrage beim Statistikamt Nord

ohne die Differenzierung nach Nutzungsarten bereitgestellt, wie bei den Wohngebäuden jedoch nur auf Landesebene und mit einer hohen Dunkelziffer an nicht erfassten Abrissen.

4.5.3.3 Vereinfachte Darstellung eines Materialkatasters

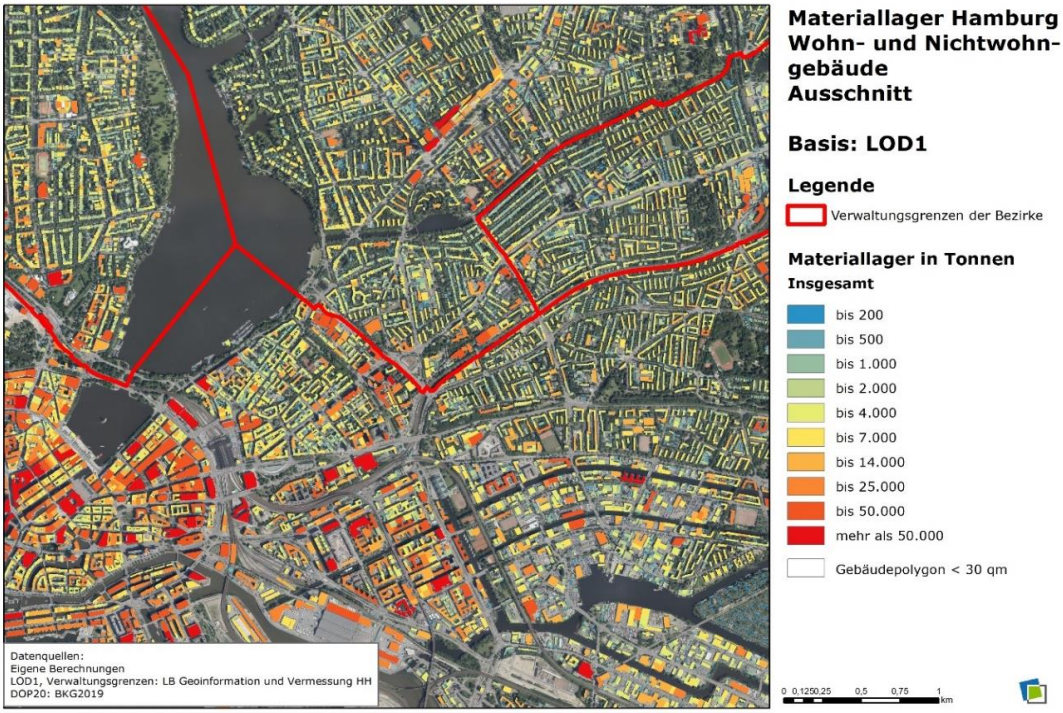
Unter Anwendung des bottom-up Prinzips der Materialflussanalyse lassen sich aus der Multiplikation von Materialkennziffern und Daten zum Bauwerksbestand und dessen Veränderung auf Basis der Angaben zu Gebäudebeständen Materialinformationen für die betrachteten Bestände der Fallbeispielgebiete entsprechend der räumlichen und inhaltlichen Gliederung der verfügbaren Sachdaten und der Materialspezifizierung der Materialkennziffern berechnen. Beispielhaft ist dies in den nachfolgenden Abbildungen Abbildung 62 bis Abbildung 66 dargestellt. Abbildung 62 stellt das Ergebnis der Gebäudetypendetektion unter Nutzung von LOD1 Daten in einem Ausschnitt Hamburgs dar und Abbildung 63 das entsprechend berechnete Materiallager. Deutlich werden die erreichbare maximale räumliche Kleingliedrigkeit sowie der Differenzierungsgrad, der im Nichtwohnbereich erreichbar ist. Die Abbildungen Abbildung 64 und Abbildung 65 stellen jeweils Wohngebäude-Materiallager basierend auf Sachdaten vor – zum einen Bestände (Abbildung 64), zum anderen die Dynamik hervorgerufen durch die Baufertigstellungen von Wohngebäuden (Abbildung 65). Abbildung 66 stellt Berechnungen zu Nichtwohngebäuden am Beispiel des Stadtgebietes Hamburgs dar. Sie beziehen sich auf Nichtwohnen, wurden auf Grundlage von LOD-Daten berechnet und auf der Ebene von Stadtteilen aggregiert.

Abbildung 62 Kartierung von Gebäudetypen (Wohnen und Nichtwohnen) in Hamburg



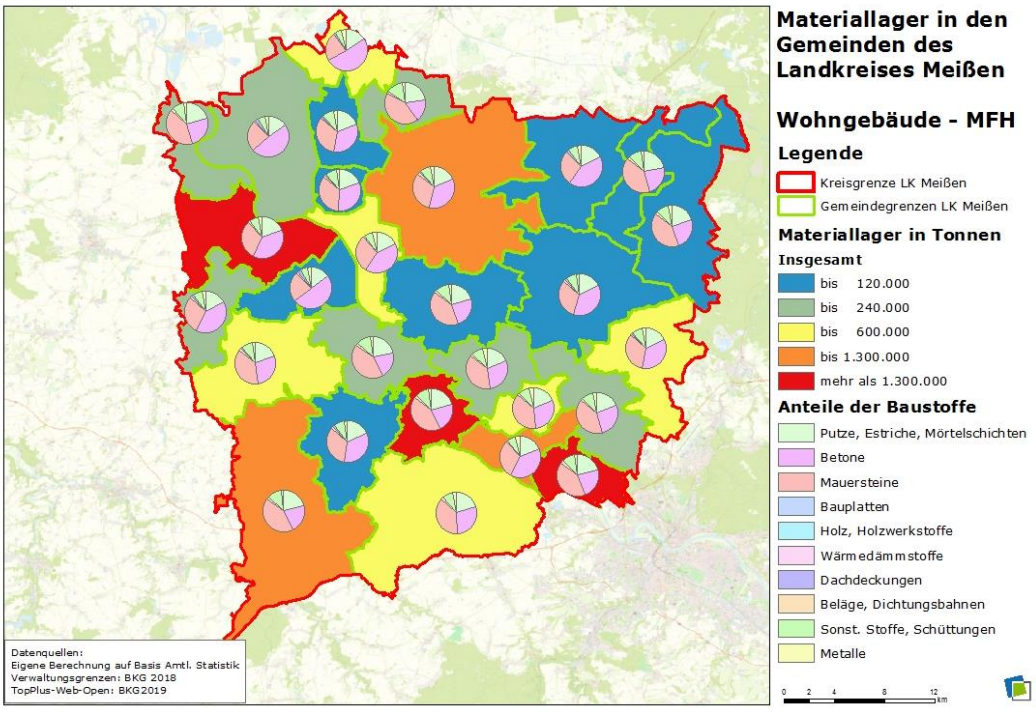
Quelle: Eigene Berechnungen, LOD1, Verwaltungsgrenzen: LB Geoinformation und Vermessung HH, DOP20: BKG2019

Abbildung 63 Kleinräumiges Materiallager Wohnen und Nichtwohnen in Hamburg



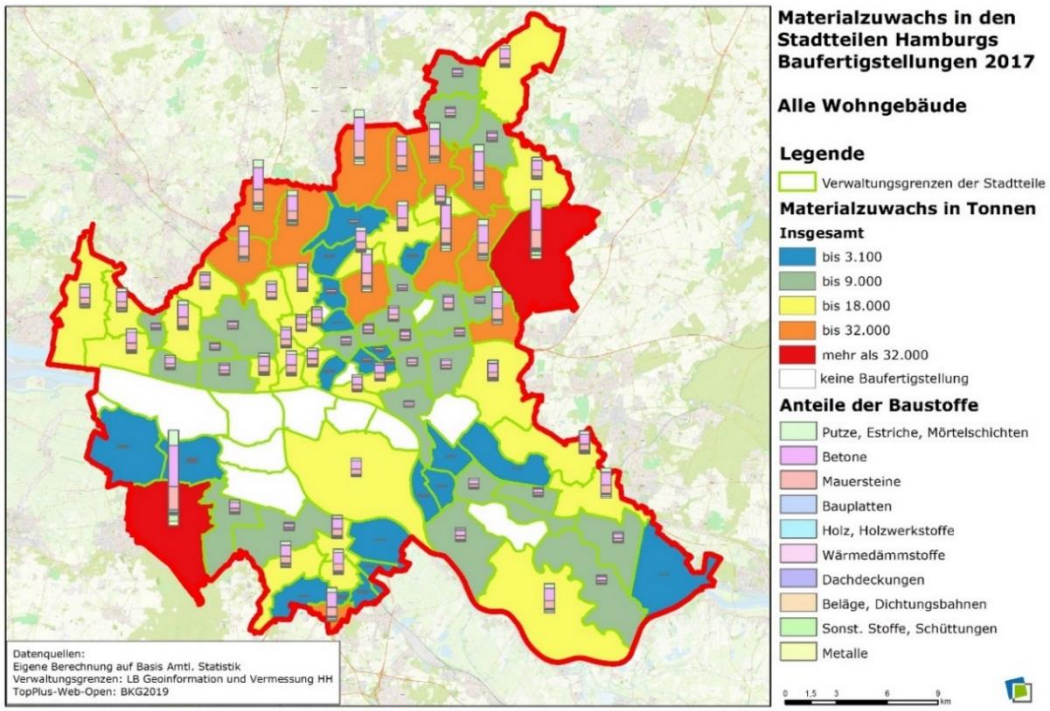
Quelle: Eigene Berechnungen, LOD1, Verwaltungsgrenzen: LB Geoinformation und Vermessung HH, DOP20: BKG2019

Abbildung 64 Materiallager in den Gemeinden des Landkreises Meißen – Wohngebäude MFH



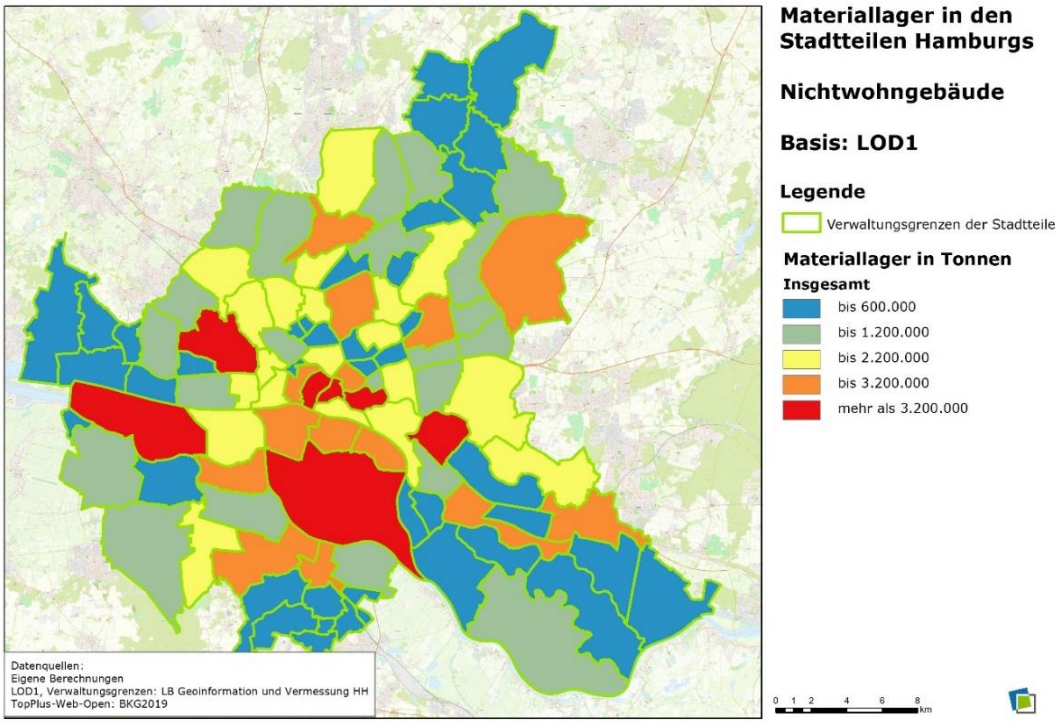
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Amtl. Statistik, Verwaltungsgrenzen: BKG 2018, TopPlus-Web-Open: BKG2019

Abbildung 65 Materialzuwachs in den Stadtteilen Hamburgs durch Baufertigstellungen von Wohngebäuden 2017



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Amtl. Statistik, Verwaltungsgrenzen: LB Geoinformation und Vermessung HH, TopPlus-Web-Open: BKG2019

Abbildung 66 Materiallager Nichtwohnen auf Stadtteilebene in Hamburg



Quelle: Eigene Berechnungen, LOD1, Verwaltungsgrenzen: LB Geoinformation und Vermessung HH, TopPlus-Web-Open: BKG2019

Weitere Berechnungen und Darstellungen wurden auch für Ein-/Zweifamilienhäuser oder auch bezogen auf Einzelbaustoffe (Beton, Mauersteine, Dämmstoffe) durchgeführt, um Auswertungsmöglichkeiten des Katasters zu illustrieren. Insgesamt wurden folgende Berechnungen erstellt und zur Diskussion gestellt:

- Materiallager im Wohn- und Nichtwohngebäudebestand auf Grundlage von Hausumringen und ATKIS auf der Ebene von Hausumring - Polygonen
- Materiallager im Wohn- und Nichtwohngebäudebestand auf Grundlage von LOD1 und ATKIS auf der Ebene von LOD1-Polygonen
- Materiallager im Wohngebäudebestand in den Gemeinden des Landkreis Meißen bzw. Bezirken der Hansestadt Hamburg basierend auf Wohnungsbestandsdaten des Zensus (differenziert nach EFH und MFH sowie differenziert nach Baualtersklassen)
- Materialflüsse durch Wohngebäudebestandsveränderungen in den Gemeinden des Landkreis Meißen bzw. in den Stadtteilen der Stadt Hamburg und Sanierung (in Meißen) unter Nutzung von Daten der Bautätigkeitsstatistik und Anwendung pauschaler Annahmen zu Sanierungsquoten aus Deilmann et al. (2014)
- Darstellung von Materiallagern zu Einzelbaustoffen am Beispiel Beton, Mauerwerkssteine und Dämmstoffe.
- Verfügbare Daten aus der Regionalstatistik erlaubten darüber hinaus differenziertere Berechnungen für das Stadtgebiet Meißen: Materialflüsse durch Baufertigstellungen von 2011 bis 2017. Anhand der Differenz der Jahresendbestände wurden Materialabgänge durch Abrisse ganzer Gebäude geschätzt.

In den kartografischen Abbildungen kann der Umfang bzw. die Bandbreite der Darstellungs- und Berechnungsmöglichkeiten illustriert werden. Nicht erkennbar sind die oben diskutierten Unsicherheiten, die sich, wie bereits darauf hingewiesen, insbesondere bei der Anwendung von LoD-Daten in Bezug auf Wohnen ergeben.

In der Diskussion der Fragestellungen sowie der Analyse- und Darstellungsmöglichkeiten wurde deutlich, dass regionale Materialkataster sehr differenzierte Möglichkeiten bieten, Materialflüsse in Gebäudebeständen darzustellen. Deutlich wurde aber auch, dass dies mit Unsicherheiten verbunden ist und vor allem Aufgaben adressiert werden können, die auf richtungsweisende Entscheidungen ausgerichtet sind, wie sie bei strategischen Planungsaufgaben üblich sind. In diesem Zusammenhang deutete sich an, dass Aussagen bezogen auf gesamte Planungsregionen in der Tendenz eher von Interesse sind als differenzierte räumliche Darstellungen. Es wurde auch deutlich, dass es in der Regel einer Kombination von Datenquellen bedarf, um den Bauwerksbestand und seine Dynamik möglichst umfassend und ausreichend differenziert abzubilden. Letztlich wurde die Notwendigkeit einer geeigneten Ausdifferenzierung der Materialkategorien betont, welche die Vielfalt der Planungsaufgaben adressiert.

4.5.4 Themenbezogene Anwendungen von Materialkatastern in den Fallbeispielen

Ausgehend von Machbarkeitsuntersuchungen und den Diskussionen dazu wurden gemeinsam mit den Akteuren in den Fallbeispielen denkbare themenbezogene Anwendungen von Materialkatastern definiert und die Bereitstellung entsprechender Informationen beispielhaft erprobt. Diese beziehen sich auf die „Stärkung von Recyclingkreisläufen“ (4.5.4.1), die „Planung von

Rohstoffbedarfen“ (4.5.4.2) sowie „Materialinduzierte Emissionen als Beitrag zur Klimaschutzdiskussion“ (4.5.4.3).

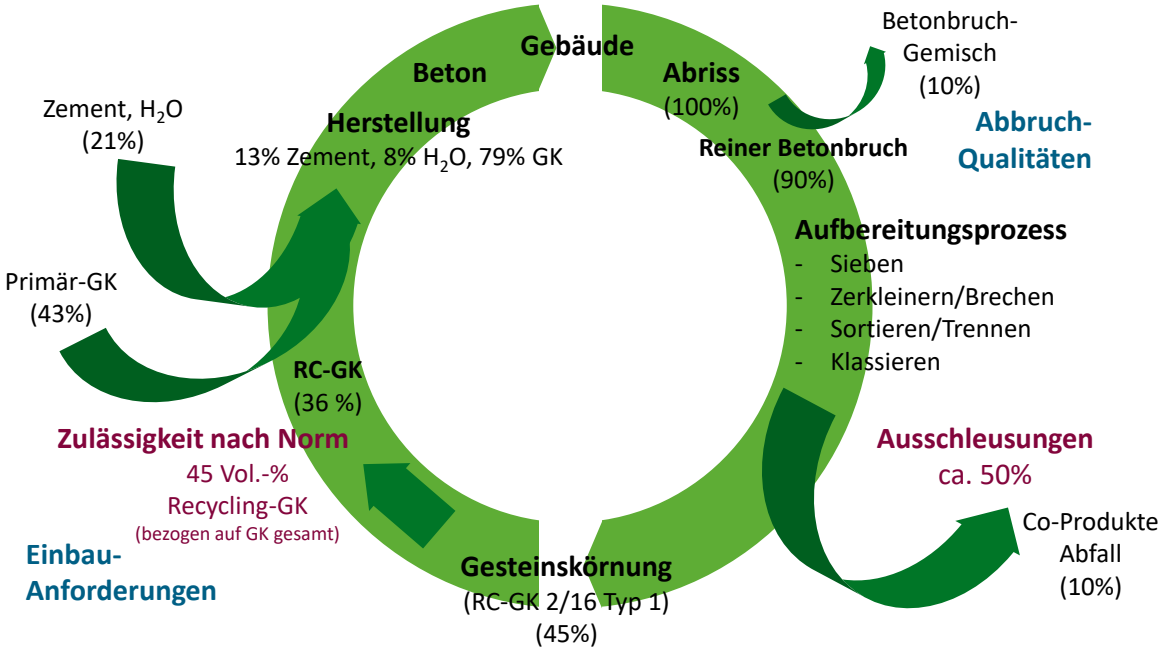
4.5.4.1 Stärkung von Recyclingkreisläufen

Die abfallwirtschaftliche Planung ist für die Gewährleistung der Entsorgungssicherheit verantwortlich. Um diese proaktiv gestalten zu können, ist die zentrale Frage, welche Baumaterialien in welcher Qualität zu welchen Zeitpunkten anfallen werden, wie sie entsorgt werden können bzw. welche Kreislaufführungen möglich sind. Informationen aus Abfallstatistiken beantworten diese nur teilweise.

Anhand des Fallbeispiels Hansestadt Hamburg und des Baumaterialbeispiels Standardbeton werden im Folgenden insbesondere Informationen zu zukünftigen Bauabfallmengen aus dem Gebäudeabriss sowie zu potenziellen Mengen, die dem Recycling zugeführt werden können, auf Grundlage eines Materialkatasters berechnet und dargestellt. Die Berechnungen basieren auf einem Set von Annahmen, die gemeinsam mit den Akteuren vor Ort definiert und abgestimmt wurden:

- Erfassungsquote für reinen Betonbruch: derzeitige Praxis: 40 % in 2020; erreichbare Quote in 2030: 90 % (durch konsequentes kreislauforientiertes Management beim Abriss und Sammeln); bis 2050: 90 %.
- Beimischungsmengen an RC-Material: 100 %-ige Substitution der Gesteinskörnung durch RC-Material für den sozialen Wohnungsbau sowie für öffentliche Schulen angenommen. Im frei finanzierten Wohnungsbau sowie bei privaten Nichtwohngebäuden: 45 % (entsprechend vorliegender Regelwerke).
- Hieraus resultieren für den Prozess vom Einsammeln des Betonabbruchs über sein Recycling bis hin zum Einsatz von RC-Gesteinskörnung in neuen RC-Beton Materialreduzierungen und Einbaubegrenzungen. Ausgehend von 100 % verbautem Beton wird dieser durch Erfassungsverluste beim Abriss (10 %) sowie durch Verluste bei der Aufbereitung in der Recyclinganlage (50 %) auf 45 % verwertbare RC-Gesteinskörnung reduziert. D. h., 100 % verbauter Beton wird zu 45 % verwertbarer RC-Gesteinskörnung (RC-GK 2/16 Typ 1). Dieser Teilprozess entspricht der rechten Hälfte des in Abbildung 67 dargestellten Materialkreislaufes des Beton-Recyclingprozesses (Erfassen und Aufbereiten). Die linke Hälfte des Kreislaufs berücksichtigt den Einbau verwertbarer RC-Gesteinskörnung bei der Herstellung von RC-Beton. Hier ist die Rezeptur von Beton entscheidend. Beton besteht nach der hier berücksichtigten Rezeptur zu 79 % aus Zuschlagsstoffen (Gesteinskörnung). Die restlichen 21 % setzen sich aus Zement, Wasser und Additiven zusammen. Von den 100 % RC-Beton können daher maximal 79 % des Beton-Gesamtvolumens durch RC-Gesteinskörnung ersetzt werden. Maximal 45 % der Gesteinskörnungen lassen sich unter Einhaltung der Norm substituieren. Bezogen auf die Betonmenge insgesamt, entspricht dies einem Volumenanteil von 36 %.

Abbildung 67 Recyclingprozesskette Standardbeton



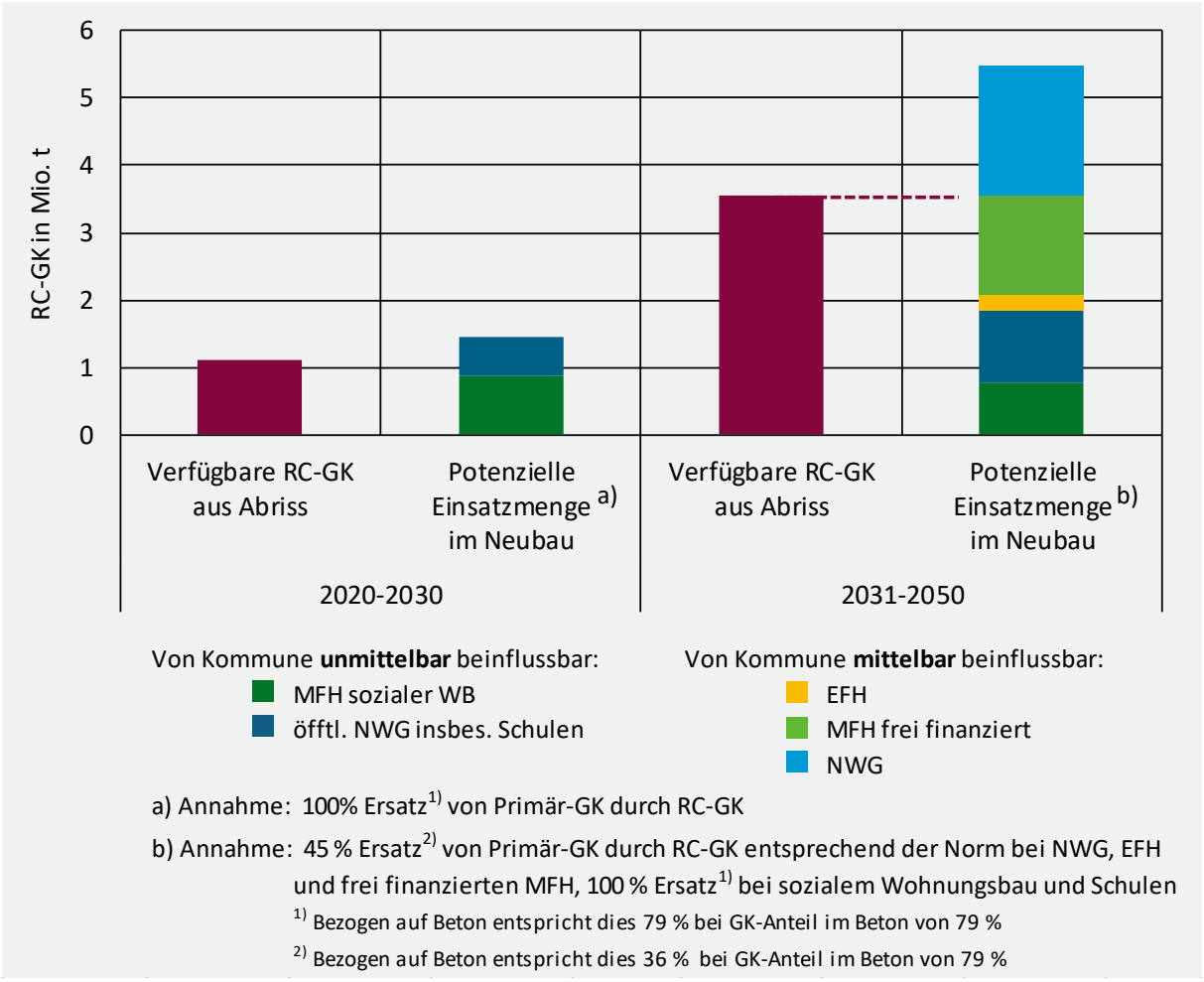
Quelle: Eigene Darstellung

Diesem oben beschriebenen und dargestellten Kreislauf entsprechend wurden aus Abbruch herstellbare und beim Neubau einsetzbare RC-Mengen an Gesteinskörnung berechnet und in die Materialkalkulationen integriert.

Um Bezüge zu Einflussmöglichkeiten verantwortlicher Akteure zu berücksichtigen, wurde eine Unterscheidung des Gebäudebestands und der Neubautätigkeit in „privat“ und „öffentlich“ vorgenommen. Beim Wohnen wurde der frei finanzierte Wohnungsbau von MFH und EFH vom sozialen Wohnungsbau (nur MFH betreffend) unterschieden. Bei den Nichtwohngebäuden zählen zu den privaten NWGs Büros, Banken, Fabriken, Lagerhallen, Verkaufsmärkte etc. Unter der Kategorie „öffentlich“ wurden Schulen berücksichtigt als der Bereich, in dem in den kommenden Jahren die höchste Neubaudynamik öffentlicher Bautätigkeit erwartet wird.

Die Berechnung der Massen der Materialbestände und Flüsse erfolgte unter Gebrauch des beschriebenen bottom-up Ansatzes, unter Verwendung baualtersdifferenzierter Materialkennzahlen sowie einer Kombination von statistischen Daten zum Wohngebäudebestand mit Geodaten zur Abbildung des Nichtwohngebäudebestands. Das Abriss- und Neubaugeschehen wurde über bestandsbezogene Quoten ermittelt. Die Grundlage hierfür lieferte eine für Hamburg vorliegende Studie, die als Planungsgrundlage in der Verwaltung bereits Beachtung gefunden hat (Lindner et al. 2018). Zur Neubaudynamik des Gebäudetyps „Schule“ und zum Anteil, den der soziale Wohnungsbau ausmacht, wurden von den lokalen Akteuren der beteiligten Behörde plausible Kenngrößen vorgeschlagen und übernommen. Demnach wird angenommen, dass 20 % der neu zu errichtenden Nichtwohngebäude in der Verantwortung der öffentlichen Hand gebaut werden (überwiegend Schulneubauten). Für den Wohngebäude-Neubau wird ein Anteil von 30 % angenommen, der auf geförderte Neubauten (MFH) entfällt. Abbildung 68 stellt Ergebnisse hieraus für zwei Betrachtungszeiträume dar: 2020 bis 2030 sowie 2031 bis 2050.

Abbildung 68 Verwertungspotenziale; bezogen auf den RC-Beton-Kreislauf in Hamburg



Quelle: Eigene Darstellung

Aus den Ergebnissen ist folgendes ersichtlich:

Mittelfristig (2020 - 2030) kann nach Aufbereitung des gesamten, aus der Abrisstätigkeit der Stadt resultierenden Betonbruchs entsprechend der getroffenen (ambitionierten) Annahmen die daraus produzierbare Menge an RC-Gesteinskörnung vollständig innerhalb des Stadtgebietes eingesetzt werden und in den Neubau von sozial gefördertem Wohnungsbau (MFH) sowie Schulen fließen. Gut 75 % der potenziellen Nachfrage (potenzielle Einsatzmengen) kann damit durch eigene Rohstoffquellen aus dem lokal vorhandenen anthropogenen Lager gedeckt werden.

Langfristig (2030 - 2050) kann die gesamte lokal verfügbare Menge an RC-Gesteinskörnung über den sozialen Wohnungs- und öffentlichen Schulbau hinaus auch im frei finanzierten privaten Wohn- und Nichtwohngebäudebau verwertet werden. Rechnerisch lässt sich dies erreichen, wenn im öffentlichen Bereich eine RC-Quote von 100 % angenommen wird und im privaten Bereich im Mittel von einer Quote von 20 % ausgegangen wird – also etwas geringer als die Hälfte der durch die Norm genannten Quote.

Die Öffentliche Hand hat großen Einfluss darauf, diese Szenarien voranzubringen, direkt insbesondere in ihrer Rolle als Bauherrin öffentlicher Bauten (Schulen), als (Mit-)Finanzierende von Gebäuden (Sozialer Wohnungsbau) sowie indirekt als Rahmensetzende und Auslobende von Förderprogrammen etc. (privat finanzierter nicht-öffentlicher Bau).

Das RC-Kreislauf-Beispiel für Standardbeton verdeutlicht damit beispielhaft, welche grundsätzlichen Möglichkeiten das MK planungsrelevanten Akteuren insbesondere bei der strategischen Ausrichtung von Kreislaufwirtschaftskonzepten bietet. Die inhaltliche

Ausdifferenzierung der Flüsse und der zu berücksichtigenden Bestände richtete sich dabei nach dem Themenfeld (Beton-RC-Kreislauf), nach lokalen Planungsdaten und -erfahrungen (Bauwerksdynamik) sowie nach Fragen des Grads der Einflussnahme (öffentliche Bauten, private Bauten). Als wesentlicher Erfolgsfaktor dafür, dass Informationen Wirkung in der Planung entfalten können, lässt sich aus der Erfahrung der geführten Diskussionen zum einen die Robustheit der Datengrundlagen benennen (das Kataster selbst), vor allem aber auch die gemeinsame Entwicklung der inhaltlichen Spezifizierung der Struktur zu generierender Informationen und der dabei zu treffenden Annahmen.

4.5.4.2 Planung von Rohstoffbedarfen

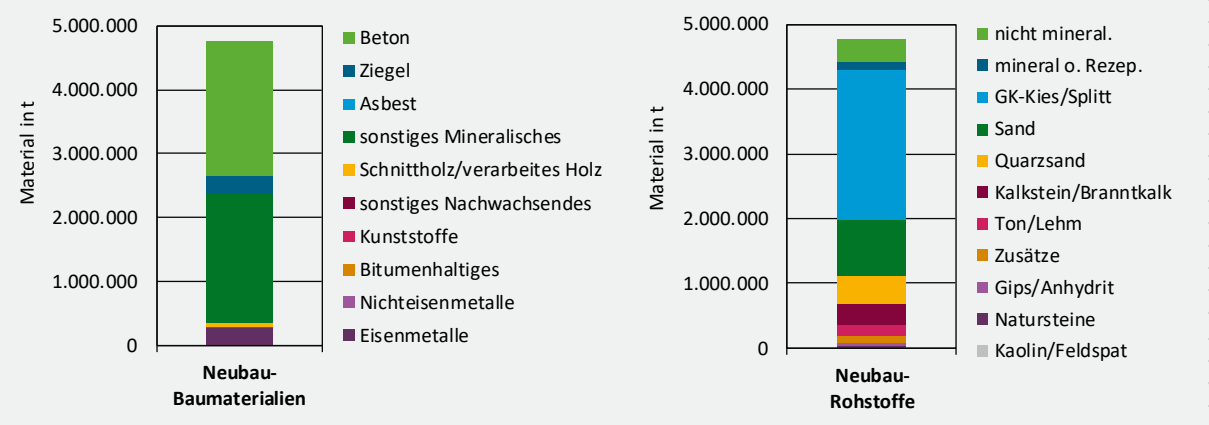
Unter dem Stichwort „Planung von Rohstoffbedarfen“ sollte erprobt werden, inwieweit Informationen eines regionalen Materialkatasters herangezogen werden können, um damit die Informationsgrundlage für Aufgaben der regionalen Rohstoffsicherung um die Aspekte „Eigenbedarf“ und Kreislaufwirtschaft bzw. Sekundärstoffe als Beitrag zur Rohstoffsicherung zu ergänzen. Die Berechnungen erfolgten am Beispiel des Landkreises Meißen.

Entsprechend der grundsätzlichen Beschreibung oben wurde der Bauwerksbestand als erste Stufe zum Materialkataster, basierend auf Daten der Gebäude- und Wohnungsstatistik (auf Gemeindeebene) sowie basierend auf Geobasisdaten (LoD, ATKIS – auf Gebäude-Polygonebene), ermittelt und unter Nutzung von Materialkennziffern als anthropogenes Baustofflager quantifiziert.

Die Entwicklung des Gebäudebestandes wurde durch ein einfaches Parametermodell abgebildet. Basierend auf Ex-Post-Analysen erfolgte eine Fortschreibung der Bautätigkeit über den Zeitraum von 15 Jahren – dem Zeithorizont vorliegender regionaler Bevölkerungsvorausberechnungen. Hinsichtlich der Wohnraumversorgung und der Versorgung der Bevölkerung mit Nichtwohngebäudeflächen wurde der aktuelle Wert konstant in die Zukunft fortgeschrieben. Aus der Kombination dieser beiden Annahmen resultiert rechnerisch ein Delta, das als Abriss angenommen wurde.

Der aus dem Neubau resultierende Baumaterialfluss ist in der linken Grafik der Abbildung 69 aufgetragen. Er ist differenziert nach Baumaterialarten. Insgesamt summiert sich der Bedarf auf 4.800.000 t. Dies entspricht einem mittleren Wert von 36 t/Einwohner und Jahr.

Abbildung 69 Baumaterial- versus Rohstoffbedarfe für den Gebäudeneubau 2020 bis 2035



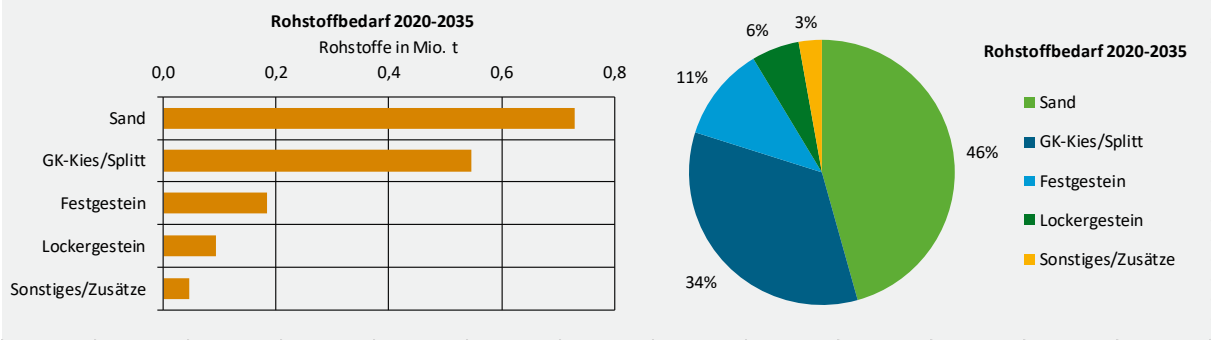
Quelle: Eigene Berechnung

Rohstoffplanung erfolgt nicht für Baumaterialien, sondern für Rohstoffe. Um anschlussfähig an diese Planungskategorie zu sein, erfolgt eine Konversion der Materialangaben von Baumaterialien zu Rohstoffkategorien entsprechend der in Abschnitt 4.4.3.2 beschriebenen Vorgehensweise. Die resultierenden Mengen in der Differenzierung von Rohstoffkategorien entsprechend vorliegender

Regionalpläne (Basis: Einteilungen des Regionalplans Oberes Elbtal/Osterzgebirge) zeigt die rechte Grafik der Abbildung 69.

Die Abbildungen Abbildung 70 und Abbildung 71 stellen die entsprechenden Ergebnisse in der Differenzierung nach Wohnen (Abbildung 70) und Nichtwohnen (Abbildung 71) dar. Bei der Rohstoffnachfrage im Wohnungssektor dominieren Sande mit einem Anteil von 46 %, gefolgt von Gesteinskörnungen in Form von Kies und Splitt (34 %), Lockergesteinen (Ton, Lehm, Kaolin) (11 %) und Festgesteinen (Kalkstein, Gips, Natursteine) (6 %). Sonstiges und Zusätze fallen zu 3 % an. Möglichkeiten einer detaillierteren Differenzierung der Rohstoffe werden im Anhang zu Kapitel 4 aufgezeigt.

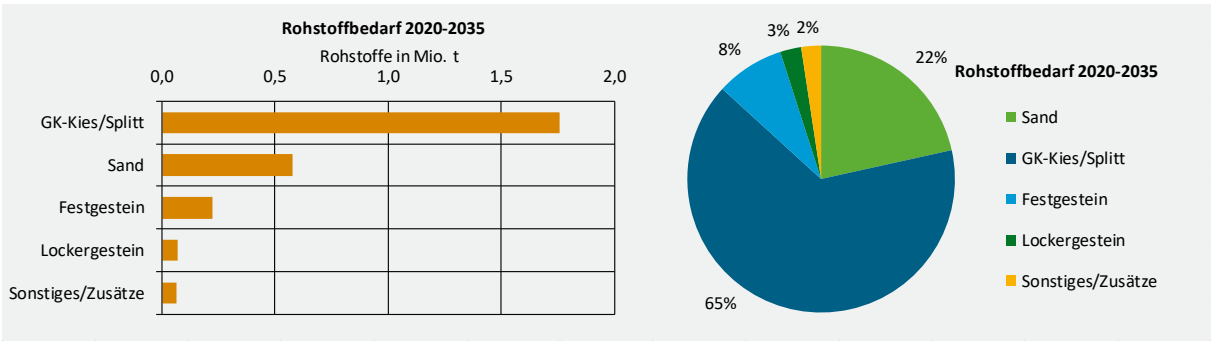
Abbildung 70 Rohstoffbedarf für Wohngebäude 2020 bis 2035



Quelle: Eigene Berechnung

Bei den Nichtwohngebäuden werden anteilig deutlich mehr Sande sowie Gesteinskörnungen benötigt, insgesamt 87 %. Vor allem der Anteil an gröberen Gesteinskörnungen in Form von Kies, Splitt und Schotter ist mit 65 % deutlich größer als bei den Wohngebäuden. Einer der Gründe dafür sind die meist massiveren Gründungsschichten aus Schotter/Splitt und Kies bei z. B. Fabrik- und Lagerhallen.

Abbildung 71 Rohstoffbedarf für Nichtwohngebäude 2020 bis 2035



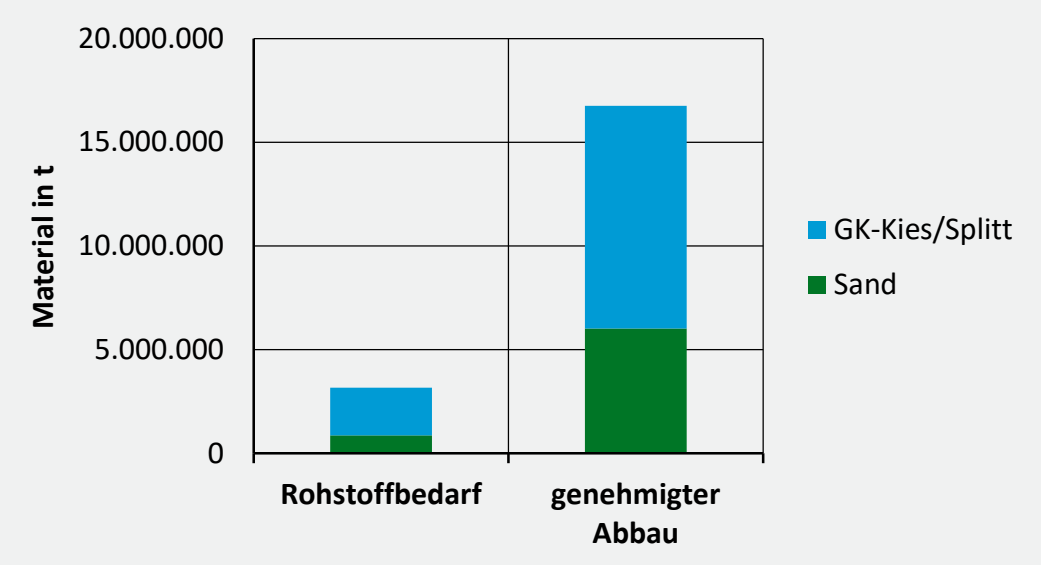
Quelle: Eigene Berechnung

Die so bottom-up ermittelten Werte können als Eigenbedarf der Region interpretiert werden, der aus der Bautätigkeit von Gebäuden resultiert. Weitere, hier nicht berücksichtigte Eigenbedarfe resultieren aus dem Infrastrukturbau, bezogen auf die betrachteten Rohstoffe insbesondere aus dem Straßenbau. Dies lässt sich grundsätzlich mit entsprechender Methode abbilden.

Abbildung 72 stellt den aus der Bautätigkeit ermittelten Rohstoffbedarf einer grob geschätzten Menge genehmigter Abbaumaterialien in der Region des Landkreises Meißen gegenüber, basierend

auf Daten aus Schiller et al. (2016)[19]. Der Vergleich der Rohstoffbedarfsmengen mit den Abbaumengen zeigt, dass die genehmigten Abbaumengen deutlich den kalkulierten Rohstoffbedarf übersteigen. Dies ist wenig überraschend, denn neben der oben in der Fußnote erwähnten Abweichung der Bezugszeiträume deckt der Bedarf nur den Hochbaubereich ab. Bedarfe aus dem Straßenbaubereich können in Anlehnung an Schiller et al. (2015) in ähnlicher Größenordnung angenommen werden. Unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Bedarfe und ggf. darüber hinaus gehender, die mit der-bottom-up Abschätzung nicht abgedeckt und z. B. mit entsprechenden Zuschlägen etwa in Anlehnung an vorliegende Abschätzungen auf Bundesebene (z. B. Schiller et al. 2015) berücksichtigt werden könnten (z. B. kleine Baumaßnahmen, die sich in der Baustatistik nicht abbilden), lassen sich Größenordnungen des Eigenbedarfs beziffern und bei der Rohstoffsicherung mitberücksichtigen.

Abbildung 72 Sand- und Kiesbedarf (2020 - 2035) für den Gebäudeneubau im Vergleich mit den genehmigten Abbaumengen



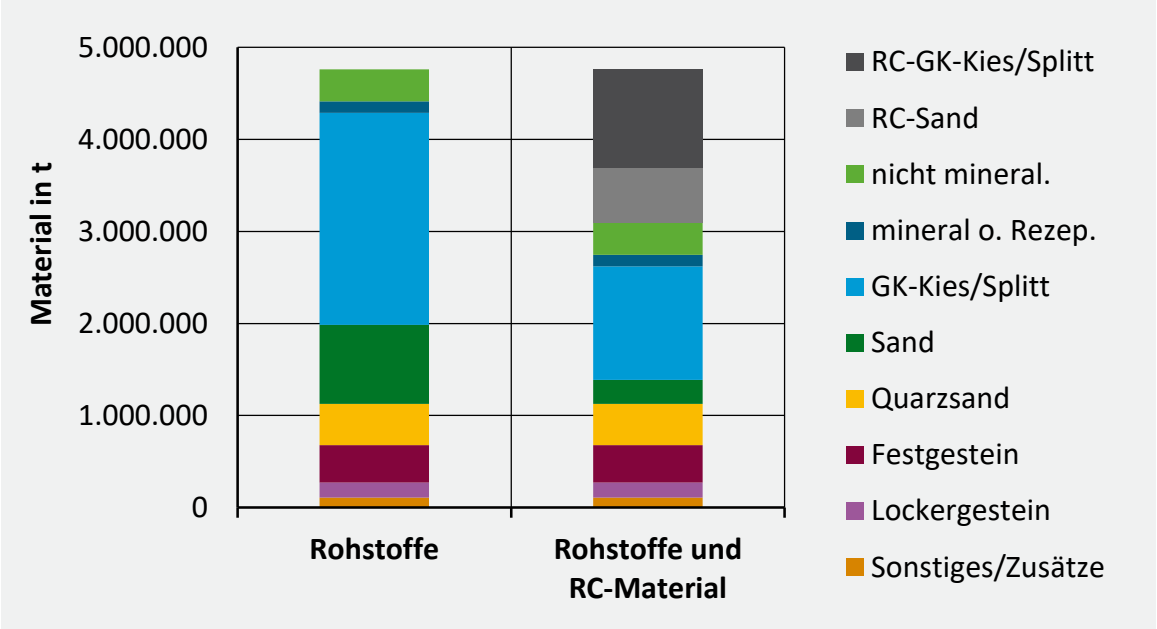
Quelle: Eigene Berechnung

Auf Grundlagen wie in vorangegangener Abbildung 72 dargestellt, eröffnen sich vielfältige zusätzliche Möglichkeiten, Fragen der Rohstoffsicherung mit Aspekten der Rohstoffschonung zu koppeln, z. B., indem neben Primärrohstoffen Sekundärstoffe direkt in das Kalkül der Rohstoffsicherung integriert werden. Dies soll entlang nachfolgender Ausführungen illustriert werden. Betrachtet wird der Fall des Betonrecyclings. Hinsichtlich der Erfassung und Aufbereitung von geeigneten Bauabfallfraktionen zur Aufbereitung zu RC-Baustoffen liegen der vorgestellten Simulation die unter 4.5.4.1. aufgeführten Annahmen zugrunde. Berücksichtigt wurden alle abgehenden Baumaterialien, die unter Anwendung des Katasters für die Region im Betrachtungszeitraum ermittelt wurden. Hinsichtlich des Einsatzes von RC-Gesteinskörnungen bei der Betonherstellung wird vereinfacht die Ausnutzung des gesamten technischen Potenzials angenommen – also den gesamten Ersatz von Gesteinskörnungen (Sande und Kiese) durch RC-Material, vorausgesetzt, es steht in entsprechender Menge zur Verfügung.

[19] Die Angaben beruhen auf Schätzungen genehmigter Abbaumengen in Tagebauen unter Bergaufsicht im Landkreis Meißen entsprechend der in Schiller et al. (2016) erläuterten Methode. Die Zeiträume der gegenübergestellten Größen „Bedarf“ und „genehmigter Abbau“ sind nicht 100 % identisch. In der Tendenz ist der Bezugszeitraum des dargestellten „genehmigten Abbaus“ größer als der hier zugrunde gelegte Bezugszeitraum des „Bedarfs“. Insofern ist die Darstellung eher als Prinzipiendarstellung zu verstehen.

Rechnerisch resultiert hieraus eine Verringerung des Bedarfs an natürlichen Sanden und Kiesen (Summe aus GK-Kies/Splitt und Sand) zur Herstellung von Betonen zur Verwendung im Hochbau um 53% (Abbildung 73).

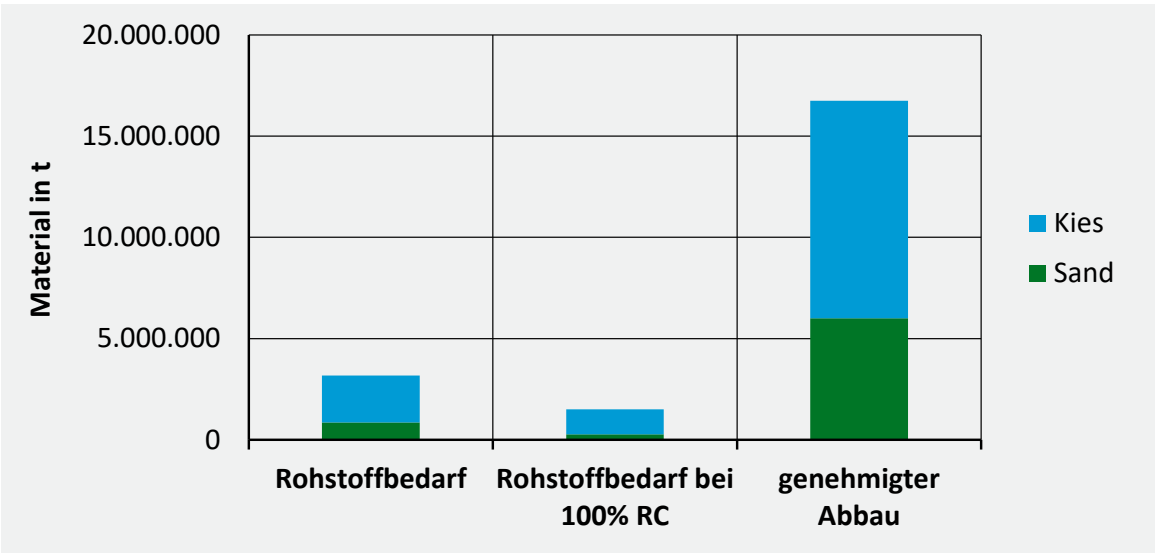
Abbildung 73 Rohstoffbedarf für den Gebäudeneubau bei 100 %-igem Betonrecycling



Quelle: Eigene Berechnung

Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf den Rohstoffbedarf – ausgehend davon können Abwägungen der Rohstoffsicherung vorgenommen werden – sowie auf die Ausbalancierung von Bedarf und zu sichernden Rohstoffmengen (Abbildung 74).

Abbildung 74 Sand- und Kiesbedarf für den Gebäudeneubau mit und ohne Beton-Recycling (2020 - 2035) sowie genehmigte Abbaumengen



Quelle: Eigene Berechnung

4.5.4.3 Materialinduzierte Emissionen als Beitrag zur Klimaschutzdiskussion

Im Rahmen der Klimaschutzdiskussion und vor allem in Klimaschutzprogrammen von Städten und Gemeinden gewinnen materialinduzierte Emissionen neben den Emissionen für den Gebäudebetrieb zunehmende Aufmerksamkeit. Dies betrifft weniger die bereits emittierten

„Grauen Emissionen“ beim Bau des vorhandenen Gebäudebestandes, sondern vielmehr die Emissionen, die durch zukünftige Bauwerksbestandsveränderungen ausgelöst werden.

Leitende Intention der hier vorgestellten Katasteranwendung war, die Höhe zukünftiger materialinduzierter Emissionen aus dem Hochbaugeschehen am Beispiel der Stadt Hamburg zu beziffern und Möglichkeiten der Stadtplanung bzw. der Verantwortlichen der Stadtentwicklung aufzuzeigen, zu einer Verringerung dieser Emissionen beizutragen.

Als Ausgangspunkt diente das Materialkataster, ausgedrückt in nach Gebäudetypen differenzierten Baumaterialbeständen. Dabei wurde der Bestand an Wohngebäuden über statistische Daten und der von Nichtwohngebäuden über Geodaten ermittelt. Die Konversion der spezifischen Materialbestände zu spezifischen Kennziffern für Graue Emissionen erfolgte mit Hilfe von Datensätzen, entnommen aus dem Ökobilanzwerkzeug GEMIS (IINAS o.J.).

Entsprechend der oben dargestellten Beispielanwendung (s. Abschnitt 4.5.4.1) wurden auch bei dieser Anwendung Gebäudetypen so differenziert, dass Gebäudebestände nach dem städtischen Einfluss hinsichtlich der Gestaltung von Rahmenbedingungen unterschieden werden können (privates und öffentliches Bauen in Bezug auf Bauherr sowie in Bezug auf Finanzierung (frei finanzierter Wohnungsbau und sozialer Wohnungsbau)).

Als Betrachtungszeitraum wurden 30 Jahre gewählt (2020 - 2050). Die Bevölkerungsdynamik sowie die Bauwerksdynamik (bezogen auf Nutzungstypen) wurde auch hier entsprechend vorliegender und bei den Akteuren der Stadt bereits eingeführter Studien vorgenommen (Lindner et al. 2018). Hieraus resultieren Kennziffern zur Neubau- und Abrisstätigkeit. Ergänzt werden diese Werte durch Angaben hinsichtlich des Anteils sozialer Wohnbauten an der zukünftigen MFH-Wohnbautätigkeit sowie durch Angaben zum Umfang sowie der Dynamik des Baugeschehens öffentlicher Bauten, dargestellt am Beispiel Schulen.

Drei grundsätzliche Handlungsfelder der Beeinflussung „grauer Emissionen“ wurden unterschieden:

- Einführung CO_2-armer Bauweisen
- Stärkere Bestandsorientierung
- Verringerung des Wohnflächenkonsums („Suffizienz“-Variante)

Bezüglich des Handlungsfeldes „Einführung CO_2-armer Bauweisen“ war die Frage, welches Einsparpotential an materialinduzierten CO_2-Äquivalenten sich durch eine „emissionsarme“ Bauweise bei sonst unveränderter Neubautätigkeit für die Stadt Hamburg im Vergleich einer bislang üblichen „traditionellen“ Bauweise, die von Mauerwerksbau und der Stahlbetonbauweise geprägt ist, darstellen lässt. Die Definition CO_2-armer Bauweisen erfolgte für Gebäudetypen auf Bauteilebene, in Anlehnung an König (2017) und wurde ergänzt durch eigene Plausibilitätsüberlegungen. Dabei wurde bauteilbezogen geprüft, in welchem Ausmaß CO_2-arme Materialen eingeführt werden können unter Einhaltung Bautechnischer Anforderungen. Berücksichtigte konstruktive Unterschiede zwischen traditioneller und emissionsarmer Bauweise sind für verschiedene Bauteile beispielhaft in Tabelle 45 dargestellt.

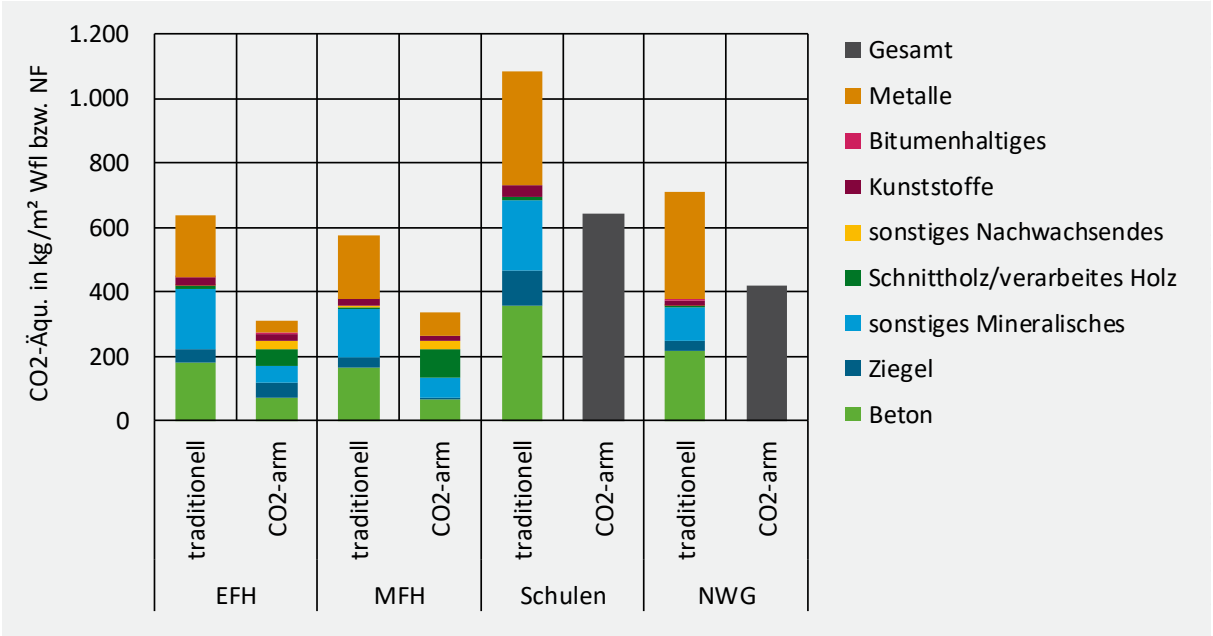
Tabelle 45 Gegenüberstellung traditionelle und emissionsarme Bauweise (Beispiele)

Bauteil	Traditionelle Bauweise	Emissionsarme Bauweise
Wände	Stahlbeton Mauerwerk (Kalksandstein)	Holzkonstruktion (Holzrahmen)
Decken	Stahlbeton	Holzkonstruktion (Brettstapeldecke)
Dämmmaterialien	kunststoffbasiert (Polystyrol) mineralisch (Steinwolle)	nachwachsend (Zellulose)
Verkleidungen/Beplankungen	Gipswandbauplatten	Holzverkleidungen

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Abbildung 75 zeigt die berechneten und für nachfolgende Betrachtungen zugrunde gelegten Werte für materialinduzierte Emissionen traditioneller und CO_2-armer Bauweisen im Vergleich – unterschieden nach Gebäudenutzungsarten.

Abbildung 75 Materialinduzierte Emissionen für Gebäudetypen unterschieden nach Nutzungsart und Bauweise (traditionell und CO2-arm)



Quelle: Eigene Darstellung

Im Falle der EFH liegt der Wert des materialinduzierten CO_2-Äquivalent bei 50 %, verglichen mit dem entsprechenden Wert traditionell errichteter EFH, bei MFH beträgt der Unterschied 40 %. Für Schulen und andere Nichtwohngebäude wurde vereinfacht der Wert für MFH angesetzt unter der Annahme, dass sich die Konstruktionsweisen grundsätzlich ähnlich sind. Diese Material- und Emissionskennziffern unterschiedlicher Neubautypen bilden zusammen mit dem Materialkataster die Grundlagen für die nachfolgenden Bestandsentwicklungssimulationen entlang der oben beschriebenen Handlungsfelder. Die dargestellten Beispiele beziehen sich auf die Nutzungsart Wohnen. Folgende zusätzliche Annahmen wurden hier gemeinsam mit den lokalen Akteuren der involvierten Behörde getroffen:

Referenzszenario

- Bauwerksdynamik entsprechend der Studie von Lindner et al. (2018).
- Nahezu konstante Wohnraumversorgung (m^2/Kopf).
- Vorherrschende Bauweise im Neubau: Mauerwerksbau bei EFH, Stahlbetonbauweise bei MFH.

Einführung CO_2-armer Bauweisen

- Bauwerksdynamik entsprechend der Studie von Lindner et al. (2018).
- Nahezu konstante Wohnraumversorgung (m^2/Kopf).
- Kontinuierliche Erhöhung des Anteils CO_2-armer Bauweise im Neubau mit aus Sicht der Praxisakteure der beteiligten Behörde instruktiven und zugleich nicht unplausiblen Annahmen zu den entsprechenden Anteilen in der Unterscheidung nach Gebäudetypen (Tabelle 46). Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass, eine entsprechende strategische Ausrichtung der Stadtplanung vorausgesetzt, sich höhere Anteile CO_2-armer Bauweisen in Beständen realisieren lassen, auf die die Stadt durch Setzen entsprechender Rahmenbedingungen (als (Mit-)Finanzierende) unmittelbar Einfluss hat.

Tabelle 46 Annahmen zu Anteilen der CO_2-armen Bauweise im Wohnungsneubau

	2020	2030	2050
Sozialer Wohnungsbau (MFH)	2 %	100 %	100 %
Sonstige MFH	2 %	30 %	60 %
EFH	15 %	30 %	60 %

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Informationen der Behörde für Umwelt und Energie der Hansestadt Hamburg

Stärkere Bestandsorientierung

- Kontinuierliche Halbierung der Abrissquote von 0,4 % in 2020 auf 0,2 % in 2030 (und dann bis 2050 gleichbleibend bei 0,2 %). Entsprechende Reduktion der Neubautätigkeit unter der Annahme der
- Wohnraumversorgung entsprechend des Referenzszenarios. Dies führt zu einer Verringerung der Neubautätigkeit um im Mittel 77 Tsd. m^2 pro Jahr.
- Vorherrschende Bauweise im Neubau: Mauerwerksbau bei EFH, Stahlbetonbauweise bei MFH (entsprechend Referenz).

Verringerung des Wohnflächenkonsums („Suffizienz"-Variante)

- Reduzierung des Wohnflächenkonsums im Neubau um 25 % gegenüber des mittleren Wohnflächenkonsums im Bestand im Referenzszenario (neue Wohnformen, etc.).
- Abrissquoten entsprechend des Referenzpfades. Dadurch verringert sich die Neubautätigkeit gegenüber dem Referenzpfad um im Mittel 146 Tsd. m^2 pro Jahr.
- Vorherrschende Bauweise im Neubau: Mauerwerksbau bei EFH, Stahlbetonbauweise bei MFH (entsprechend Referenz).

Tabelle 47 fasst die getroffenen Annahmen im Überblick zusammen.

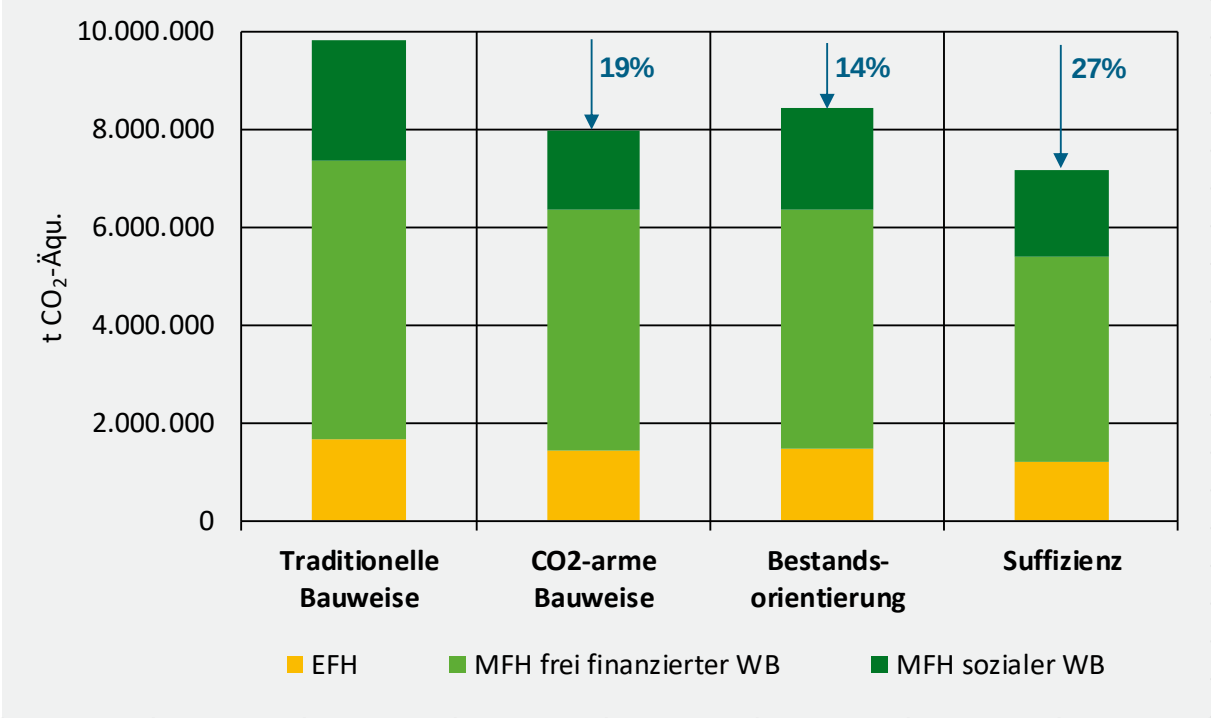
Tabelle 47 Zusammenfassung der Annahmen für die Berechnungsszenarien

	Wohnraum-versorgung	Wohnflächen-konsum Neubau	Neubau-quote	Abrissquote	Bauweise
Referenzszenario	Ca. 38 m² pro Kopf über den gesamten Zeitraum	Im Mittel ca. 542 Tsd. m²	Kontinuier-liche Verringerung von 1,13 auf 1,09 von 2020 bis 2025; 0,7 von 2026 bis 2030; 0,6 von 2031 bis 2050	0,4 von 2020 bis 2030; 0,3 von 2031 bis 2050	„traditionelle“ Bauweise
Einführung CO_2-armer Bauweisen	Ca. 38 m² pro Kopf über den gesamten Zeitraum	Im Mittel ca. 542 Tsd. m²	Kontinuier-liche Verringerung von 1,13 auf 1,09 von 2020 bis 2025; 0,7 von 2026 bis 2030; 0,6 von 2031 bis 2050	0,4 von 2020 bis 2030; 0,3 von 2031 bis 2050	CO_2-arme Bauweise
Stärkere Bestandsorientierung	Ca. 38 m² pro Kopf über den gesamten Zeitraum	Im Mittel ca. 465 Tsd. m²	Kontinuier-liche Verringerung von 1,13 auf 0,5 von 2020 bis 2030; 0,5 von 2031 bis 2050	Kontinuier-liche Verringerung von 0,4 auf 0,2 von 2020 bis 2030; 0,2 von 2031 bis 2050	„traditionelle“ Bauweise
Verringerung des Wohnflächenkonsums (Suffizienz)	Verringerung von ca. 38 auf ca. 30 m² pro Kopf im Neubau von 2020 bis 2050	Im Mittel ca. 396 Tsd. m²	Kontinuier-liche Verringerung von 0,85 auf 0,82 von 2020 bis 2025; 0,53 von 2026 bis 2030; 0,45 von 2031 bis 2050	Gleich Referenzszenario	„traditionelle“ Bauweise

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Basierend auf diesen Annahmen wurden Entwicklungspfade simuliert und Werte für zukünftige materialinduzierte Emissionen berechnet. In Abbildung 76 sind die Ergebnisse dieser Berechnungen aufgetragen und potenzielle Reduktionspotenziale „grauer Emissionen“ gegenüber dem Referenzpfad dargestellt.

Abbildung 76 CO2-Reduktionspotential im Neubau von Wohngebäuden in der Stadt Hamburg 2020 bis 2050



Quelle: Eigene Darstellung

Durch die angenommene Einführung der CO_2-armen Bauweise kann gegenüber dem Referenzpfad, der auf traditionellem Bauen beruht, rund ein Fünftel an „Grauen Emissionen" vermieden werden. Speziell im sozialen Wohnungsbau, wo die Kommune direkt Einfluss auf die Art des Bauens nehmen kann, und entsprechend progressive Annahmen getroffen wurden, liegt das resultierende Vermeidungspotenzial bei ca. 35 % gegenüber dem Referenzwert.

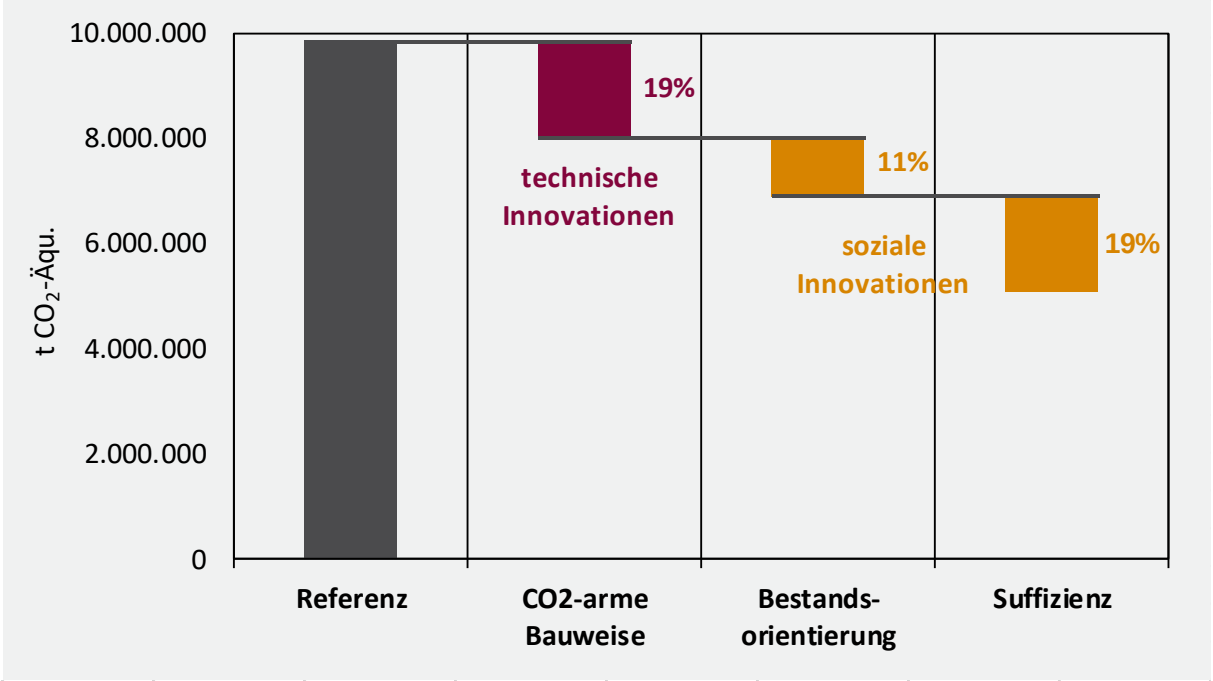
Geringere Vermeidungspotenziale lassen sich im Handlungsfeld Bestandsorientierung darstellen. Hier bewirken ein halbierter Abriss und die intensivere Nutzung bestehender Gebäude eine Verringerung der Emissionen um ein Siebentel (Sanierungen sind hier noch nicht berücksichtigt – diese führen in der Tendenz zu einer Verringerung des Vermeidungspotenzials).

Das größte Einsparpotential birgt das Szenario „Suffizienz". Hier ließen sich durch einen geringeren Konsum von Wohnfläche (Reduktion beim Neubau von 38 auf 30 m^2/Pers.) mehr als ein Viertel in den kommenden 30 Jahren vermeiden.

Die isolierte Betrachtung der Handlungsfelder ermöglicht eine grundsätzliche Einschätzung deren Wirkmächtigkeit in Bezug auf das Vermeiden von „Grauen Emissionen". Real treten die dargestellten Optionen aber nicht isoliert, sondern zugleich auf. Um dies zu antizipieren, wurden in einem weiteren Schritt eine Überlagerung der Handlungsfelder simuliert und mögliche Vermeidungspotenziale berechnet.

Hierzu wurde ein Kaskadenansatz angewendet, der – in Abgrenzung zu einer einfachen Addition der Potenziale - Abhängigkeiten eines zusätzlichen Handlungsfeldes zum jeweils vorangegangenen Feld berücksichtigt. In Abbildung 77 sind die Vermeidungspotentiale entlang der Kaskade aufgetragen.

Abbildung 77 CO2-Reduktionspotential im Neubau von Wohngebäuden in der Stadt Hamburg 2020 bis 2050 – Kombination der Maßnahmen



Quelle: Eigene Darstellung

In der dargestellten Kombination kann insgesamt von etwa einer Halbierung des Ausstoßes an treibhausgasrelevanten „Grauen Emissionen“ durch Wohngebäudeneubau im Zeitraum von 2020 bis 2050 ausgegangen werden. Durch nicht berücksichtigte Feedback-Schleifen verringert sich dieses Potenzial (der Effekt des verringerten Neubaus wirkt sich zusätzlich auf den durch CO_2-arme Bauweise erzielbaren aus). Auf diese Simulation wurde im vorgestellten vereinfachten Anschauungsbeispiel verzichtet. Deutlich wird, dass die Kombination der Ansätze insgesamt zu höheren Vermeidungspotenzialen führt als isoliert betrachtete Ansätze. Jedoch ergeben sich dabei geringere Potenziale, als eine einfache Addition der Wirkungen der einzelnen Handlungsfelder rechnerisch ergeben würde.

4.6 Spezifische Handlungsempfehlungen zum Aufbau eines Materialkatasters

Regionale Materialkataster entfalten ihre Stärken vor allem bei der Unterstützung strategischer Planungsaufgaben. Dies betrifft sowohl sektorale Planungsaufgaben, die sich beispielsweise in der Abfallwirtschaft stellen, insbesondere aber intersektorale Planungsaufgaben, die sich entlang der Baumaterialflüsse aufspannen. Beispielhaft sind die Verlinkung von Rohstoffsicherung und Kreislaufwirtschaft und die Verknüpfung von Kreislaufwirtschaft und Stadtplanung sowie materialinduzierten Emissionen in den vorgestellten Fallbeispielen dargestellt. Darüber hinaus gewinnen insbesondere Fragestellungen im Spannungsfeld zirkulären Wirtschaftens und Klimaschutz an Bedeutung.

In der Regel sind strategische Fragestellungen zukunftsgerichtet. Sie umspannen Zeiträume von 10 bis 30 Jahren und mehr. Das regionale Materialkataster hat dabei vor allem die Funktion, eine solide Ausgangsbasis bereit zu stellen, um zukünftige Veränderungen regionaler Materiallager abzubilden. Die planungsentscheidenden Informationen beziehen sich in der Regel nicht auf die Lager selbst, sondern auf die direkten und indirekten materialbezogenen Implikationen, die durch deren Veränderung hervorgerufen werden.

Die räumlichen Ebenen, auf denen strategieunterstützende Informationen benötigt werden, sind meist kleinmaßstäblich. Diese umspannen nicht selten ganze Regionen, die sich über

Verantwortungsbereiche der am strategischen Planungsprozess beteiligten Akteure erstrecken – beispielsweise Landkreise oder Stadtgebiete. Dagegen sind inhaltliche Detaillierungsanforderungen hoch. Dies betrifft (1) die Unterscheidung nach Materialkategorien wie Rohstoffen, Baumaterial, Abfallkategorien, Sekundärstoffen sowie materialinduzierten Treibhausgas-Emissionen und die Durchgängigkeit dieser Kategorien. Auch Bezüge zu Fragestellungen nachhaltiger Landnutzung können von Relevanz sein, wie beispielsweise zu Flächen zum Rohstoffabbau oder zu Flächen, die für die Baustoffaufbereitung erforderlich sind[20]. (2) Zudem sind Anforderungen zu adressieren, die aus der angestrebten unmittelbaren Anschlussfähigkeit an disziplinäre Entscheidungskontexte resultieren, wie z. B. die Anschlussfähigkeit von Rohstoffbeschreibungen an in der regionalen Rohstoffsicherung verwendeten Kategorien oder Abfallkategorien und deren Anschlussfähigkeit an Verwertungsoptionen der Sekundärrohstoffwirtschaft. Schließlich betrifft dies (3) die Differenzierung der Bauwerke selbst, die aus den Materialien bestehen. Nur ein Teil der adressierten Planungsaufgaben bezieht sich direkt auf Materialflüsse (wie zum Beispiel die Abfallwirtschaft oder die Rohstoffsicherung). Weitere wesentliche zu berücksichtigende Planungsaufgaben beziehen sich zunächst auf Bauwerke und deren Entwicklung. Es geht nicht nur darum, Bauwerke so zu systematisieren, dass möglichst enge Bezüge zu Materialkategorien herstellbar sind. Zusätzlich müssen Unterscheidungen möglich werden, die Bezüge zu Entscheidungs- und Gestaltungsspielräumen hinsichtlich der Festlegung von Rahmenbedingungen für die Entwicklung von Teilbeständen erlauben. Neben der eher generellen räumlichen Aggregationsebene der Informationsbereitstellung ist demnach eine deutlich differenziertere Ebene der Informationsgenerierung und inhaltlichen Differenzierung erforderlich.

Die geeignetste Methode, dies zu bewerkstelligen, stellt derzeit die in Abschnitt 4.2.1 beschriebene bottom-up Materialflussanalyse (MFA) dar mit ihren Elementen „Bauwerkstyp“ zur Beschreibung von Bauwerksbeständen und deren Veränderung und „Materialkennzahl“, mit Hilfe derer sich die Materialität von Bauwerksbeständen und Veränderungen abbilden lässt.

Diese Grundelemente und die oben beschriebenen Spezifika des Anwendungskontextes regionaler Materialkataster liefern das strukturelle Gerüst nachfolgender Überlegungen und Empfehlungen in Bezug auf die Aufstellung und Anwendung regionaler Materialkataster.

Beschreibung von Bauwerksbeständen

Zur Abbildung von Gebäudebeständen ist eine geeignete Typologie zugrunde zu legen. Die in Abschnitt 4.2.1 vorgestellte Typologie mit der Unterscheidung nach Nutzungsarten und Baualtersklassen ist grundsätzlich geeignet, Bezüge zu verfügbaren Informationen herzustellen, die Auskunft zur vorhandenen Menge von Bauwerksbeständen geben.

Für die Quantifizierung der Bestände wird eine Kombination aus unterschiedlichen Datenprodukten empfohlen. Sachdaten, insbesondere entnommen aus der Bautätigkeitsstatistik eignen sich zur Quantifizierung des Wohngebäudebestandes. Geobasisdaten, insbesondere der Datenprodukte LoD1 und ATKIS, können zur Beschreibung des Nichtwohngebäudebestandes herangezogen werden (Abschnitt 4.3).

Bei der Wahl der Bezugsgröße, in der der Bestand ausgedrückt wird, ist zu beachten, dass diese eng mit Materialmengen korreliert und dass eine Anschlussfähigkeit an Größen gewährleistet ist, die in der Planung eingeführt sind. Gebäudevolumen weisen vor allem enge Bezüge zu Materialinhalten auf, Gebäudenutzflächen bilden häufig die Bezugsfläche planungsbezogener Diskussionen. Das Kataster sollte deshalb möglichst flexibel aufgebaut werden, um unterschiedliche Dimensionen bedienen zu können.

[20] Entsprechende Auseinandersetzungen hierzu werden beispielsweise in laufenden Vorhaben der BMBF Fördermaßnahme Stadt Land geführt (z. B. WieBauin, Integral (www.zukunftsstadt-stadtlandplus.de))

Als räumliche Aggregationsebene bieten sich administrative Einheiten an, auf denen Sachdaten verfügbar sind. Dies ist in der Regel die Gemeindeebene, in Großstädten die Ebene von Bezirken oder Stadtteilen (Abschnitt 4.5.3.2). Dabei ist grundsätzlich die höchste Aggregationsebene anzustreben, die sich aus dem spezifischen Anwendungsfall ergibt. Tendenziell nehmen Unsicherheiten mit zunehmender räumlicher Differenzierung zu.

Die Merkmale Nutzungsarten und Baualtersklassen ermöglichen die Verknüpfung der Menge von Gebäudebeständen mit durchschnittlichen Materialkennziffern. Zusätzliche Informationen zur Konstruktionsweise der Gebäude erlauben eine weitere Qualifizierung, verbunden mit robusteren Entscheidungsgrundlagen. Entsprechende Angaben sind jedoch nicht in einschlägigen Datenquellen verfügbar. Hier können Annahmen bezugnehmend auf vorliegende Studien oder unter Einbeziehung von Expertenwissen Abhilfe schaffen. Perspektivisch ist es erstrebenswert, Informationen zu Konstruktionsweisen systematischer bereitzustellen. Informationen, die im Rahmen von Materialinventaren für Bauwerke erhoben werden, können hierzu einen Beitrag leisten (s. dazu Kapitel 5).

Die vorgeschlagene Differenzierung nach Nutzungsarten erlaubt weitere Spezifizierungen von Gebäudebeständen z. B. nach Grad der Einflussnahme, Bauherren oder Zugriffsmöglichkeiten seitens der öffentlichen Hand. In den Fallbeispielen zeigt sich, dass z. B. eine Unterscheidung zwischen öffentlich und privat und ersteres weiter differenziert nach kommunal, Land und Bund von Interesse ist.

Beschreibung von Bauwerksdynamik

Bauwerksbestände liefern die Grundlage zur Beschreibung der Bauwerksdynamik. In der Regel sind prospektive Betrachtungen erforderlich. Dazu bedarf es entsprechender Annahmen und Modelle. In dieser Studie wurden unterschiedliche Möglichkeiten hierfür diskutiert (s. Abschnitt 4.2.4) oder angewendet (s. Abschnitt 4.5.4). Insbesondere aus den Anwendungserfahrungen zeigt sich, dass die verwendeten Ansätze möglichst einfach, plausibel und damit leicht kommunizierbar gestaltet werden sollten. Möglichkeiten, verschiedene Ansätze unter Beachtung von Datenlage zu kombinieren, sollten genutzt werden. Hilfreich ist, wenn bei den betroffenen Akteuren bereits Überlegungen bzw. einschlägige Studien zu denkbaren Entwicklungen zu Gebäudebeständen vorliegen, beispielsweise aus entsprechenden Querschnittsabteilungen oder aus Studien, die in anderem Zusammenhang erstellt wurden. Diese können einen geeigneten Ausgangspunkt, beispielsweise für die Beschreibung von Referenzpfaden, bieten. Ausgehend davon lassen sich unter Nutzung des Wissens und der Einschätzung lokaler Akteure instruktive Alternativpfade beschreiben. Diese alternativen Pfade sollten so gestaltet werden, dass klare Bezüge zu den Handlungsoptionen beteiligter Akteure hergestellt und entsprechende Wirkungen quantifiziert und aufgezeigt werden können.

Materialkennziffern

Regionale Materialkataster beschreiben zunächst das Baumateriallager in Bauwerksbeständen. Hierbei ist eine geeignete Gliederungstiefe erforderlich, welche der Vielfalt potenzieller Fragen an das Kataster gerecht wird. Zugleich sollten Aggregationsebenen von Hauptmaterialgruppen eingeführt werden, um eine Anschlussfähigkeit an übergeordnete Fragestellungen auf abstrakterer Ebene zu gewährleisten. Die in Abschnitt 4.4.3 beschriebene Differenzierung der Baumaterialien hat sich in unterschiedlichen Anwendungsfällen bewährt und ermöglicht darüber hinaus die Herstellung der Durchgängigkeit zu planungs- und entscheidungsrelevanten Ressourcen und Abfallkategorien. Ebenso ist die Anschlussfähigkeit zu Materialinventaren zu beachten.

Die Erarbeitung von Materialkennziffern ist empirisch aufwändig. Es ist deshalb ratsam, beim Aufbau von Materialkatastern, soweit möglich, auf vorhandene Materialkennziffern zurück zu greifen. Für den deutschen Kontext sind Kennziffern, wie sie beispielsweise in Abschnitt 4.2.1.1 vorgestellt werden, grundsätzlich geeignet. Ratsam ist eine Differenzierung bis auf die

Bauteilebene, insbesondere in Fällen, wo es um Fragen der Substitution zwischen verschiedenen Materialien geht. Die Bildung weiterer Materialkennziffern ist insbesondere bei Überlegungen zu zukünftigen Veränderungen von Bauweisen ein probates Mittel. Hier sollte auf eine Passfähigkeit zwischen den neu erstellten Kennzahlen und den verwendeten Kennzahlen zur Abbildung des Bestandes geachtet werden. Materialinventare können diesbezüglich die empirische Grundlage maßgeblich verbessern.

Einbindung in Entscheidungsprozesse

Materialkataster stellen umfangreiche und vielfältige Informationsgrundlagen dar. Die Einbindung der Materialkataster in Entscheidungsprozesse ist aber keinesfalls ein Automatismus. Wie oben erwähnt, sind es bislang weniger die operativen Aufgaben, die mit Informationen aus dem Kataster unterstützt werden können, sondern strategische Aufgaben. Diese folgen oftmals keinen eingeführten Routinen. Das Kataster kann hierbei Ausgangspunkt sein, Auswirkungen strategischer Planungsaufgaben zum Beispiel mittels Szenarien zu spezifizieren und so den Konkretisierungsprozess strategischer Planungsaufgaben zu unterstützen. Ein modularer Aufbau des Katasters, gegliedert nach den oben genannten Grundelementen, erleichtert den übersichtlichen Aufbau von Materialkatastern und deren flexiblen Einsatz. Für den Aufbau und die Anwendung bedarf es Expertisen, die so üblicherweise in Behörden nicht zwingend vorhanden sind. Bislang übernimmt meist die Forschung diese Rolle. Längerfristig ist zu prüfen, inwieweit Prozesse insofern verstetigt werden können, indem Strukturen aufgebaut und Dienstleistungsfelder entwickelt werden, die entsprechende Aufgaben übernehmen können. Ungeachtet dessen kann die Anwendung aber nur gelingen, wenn das Wissen aller beteiligten Akteure bei der Spezifizierung und Ausdifferenzierung des Katasters sowie der für die Anwendung erforderlichen Annahmen und Kennzahlen konsequent eingespeist und genutzt wird. Hierzu bedarf es des Schulterschlusses zwischen lokalen Experten und Praxisakteuren, die Entscheidungen treffen, Rahmenbedingungen mitgestalten, Gebäudebestände nutzen, Geschäftsmodelle der Sekundärwirtschaft entwickeln. Partizipative Ansätze, wie sie im Kontext transdisziplinärer Forschung angewendet werden, bieten hier einen geeigneten Zugang. Der Aufbau einer Wissensbasis über lokale Materiallager und deren Veränderung spiegelt sich derzeit nicht in kommunalen oder regionalen Pflichtaufgabenkatalogen wider. Meist wird der Nutzen der Informationen erst anerkannt, wenn diese vorliegen und dadurch der handlungsunterstützende Bezug deutlich wird. Es wird deshalb empfohlen, geeignete Förderstrukturen zum Aufbau regionaler Materialkataster zu prüfen.

Erweiterungspotenziale

Materialkataster für Gebäudebestände erfassen nur etwa die Hälfte regionaler Materiallager und Flüsse. Viele Informationsbedarfe von Akteuren beschränken sich nicht auf Gebäudebestände, sondern beziehen Infrastrukturen mit ein. Materialkataster sollten deshalb um den Bereich Infrastruktur ergänzt werden und auch im Bereich der Gebäude ist die Erfassung der haustechnischen Ausstattung zwar konzeptionell angedacht und müsste noch umgesetzt werden. Hinsichtlich der nichtmetallischen mineralischen Materialien sind auf der Ebene von Städten und Regionen insbesondere die Straßen und Wege von Interesse. Der hier vorgeschlagene Mix aus Sach- und Geodaten einerseits sowie das vorgeschlagene Prinzip der bottom-up MFA bieten gute Möglichkeiten für diese Erweiterung.

Grenzen regionaler Materialkataster

Der erreichbare Detaillierungsgrad regionaler Materialkataster ist insbesondere durch den Generalisierungsschritt des Typisierungsansatzes begrenzt. Dadurch können typische Materialgehalte abgebildet werden; einzelfallbezogene Besonderheiten lassen sich damit dann nicht fassen. Dies ist insbesondere in Bezug auf das Thema Schadstoffe relevant, wo Einschätzungen neben allgemeinen Informationen zu Bauwerkstyp, Konstruktion und Material meist zusätzliche Informationen erfordern, wie z. B. zu den verwendeten Produkten. Entsprechende schadstoffbezogene Kartierungen können mit regionalen Materialkatastern nur sehr eingeschränkt erfolgen. Eingeschränkt insofern, dass beispielsweise aus Kenntnissen zu Baualter und Konstruktionsweisen bestimmte Stoffe entweder ausgeschlossen werden können oder eine Risikoanzeige bzgl. eines möglichen Auftretens von Schadstoffen erfolgen kann. Entsprechende, dafür notwendige Annahmegerüste ließen sich beispielsweise aus Auswertungen einer größeren Anzahl von Materialinventaren für Bauwerke entwickeln. Um Unsicherheiten einzuschränken bzw. hinsichtlich der angestrebten Zielgrößen der zu erstellenden Informationen einordnen zu können, eignen sich beispielsweise Sensitivitätsbetrachtungen (s. z. B. Ortlepp et al. 2016 b).

Ein weiteres Beispiel der Grenzen von Materialkatastern bezieht sich auf deren Anwendung. Das Kataster dient vielfach als Ausgangspunkt für Strategiediskussionen, die schnell einen hohen Grad an Komplexität erreichen können. Das Kataster hilft zwar, Bestände zu beschreiben und deren Dynamik vereinfacht abzubilden, es bietet aber kein ausreichendes Handwerkszeug, die Dynamik in Gebäudebeständen im Zusammenspiel sozio-technischer Systeme in ihrer Gesamtheit und entstehende Abhängigkeiten zu verstehen. Hier ist davor zu warnen, das Instrument des Katasters zu überfrachten. Vielmehr sollte nach Anknüpfungspunkten zu Methoden gesucht werden, die hierfür geeigneter sind. Beispiele sind aktuelle Entwicklungen von Methoden zur Systemdynamischen Modellierung, Agent based Modelling oder ähnliches.

5 Zusammenführung Regionaler Materialkataster und Materialinventare für Einzelbauwerke zu einem übergreifenden Gesamtkonzept

Regionale Materialkataster für Bauwerksbestände und Materialinventare für Einzelbauwerke sind im engeren Sinne Instrumente zur Bereitstellung materialbezogener Informationen. Übergeordnetes Ziel beider Instrumente ist es, involvierte Akteure zu motivieren und in ihren Arbeits- und Entscheidungsprozessen zu unterstützen. Es geht darum, Bedarfe an Primärrohstoffen zu verringern, Mengen an zu deponierenden Abfällen zu begrenzen und Potenziale zur Reduktion materialinduzierter Emissionen auszuschöpfen. Damit können sowohl input- als auch outputorientierte Stoffströme inkl. der resultierenden Wirkungen auf Ressourceninanspruchnahme sowie die globale und lokale Umwelt unmittelbar beeinflusst werden.

Die Instrumente richten sich primär an Entscheider im Kontext der Planung und Nutzung von Bauwerken sowie der Entwicklung und Bewirtschaftung von regionalen Gebäudebeständen. Akteure werden unterstützt, die direkt bzw. indirekt Einfluss auf die Auswahl, Verwendung oder Aufbereitung von Materialien haben, in ein Ressourcenmanagement involviert sind oder in Erfüllung eigener Aufgaben ein Interesse an Angaben zu verbauten Materialien und deren Eigenschaften haben.

5.1 Spezifische Stärken der Einzelinstrumente

Materialkataster und Materialinventare setzen an unterschiedlichen Planungsaufgaben und Entscheidungen an und bringen dabei ihre spezifischen Stärken ein.

Materialkataster

Regionale Bauwerksbestände umfassen Bauwerke, die sich in unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus befinden. Ereignisse und Aktivitäten im Bauwerkslebenszyklus wie Neubau und Abriss finden zeitgleich in unmittelbarer Nachbarschaft statt. Die zeitliche Überlagerung der Ereignisse und Aktivitäten geht einher mit einer entsprechenden Überlagerung von Planungsaufgaben und Entscheidungen. Entscheidungen zur Verwendung neuer Materialien erfolgen parallel zu Entscheidungen zum Umgang mit anfallenden Bauabfällen. Erstere stehen unmittelbar in Bezug zu Planungsaufgaben zwecks Sicherstellung der Rohstoffverfügbarkeit. Letzteres betrifft insbesondere Planungsaufgaben zur Gewährleistung der Entsorgungssicherheit. Die Klammer dazwischen ist die Bestandsdynamik selbst, welche die Materialflüsse auslöst. Diese ist Resultat zahlreicher Einzelentscheidungen, welche in einen übergreifenden Rahmen der Siedlungsentwicklung und Stadtplanung eingebettet sind. Dieser wird von der kommunalen Ebene maßgeblich bestimmt. Rohstoffsicherung, Abfallwirtschaft sowie Stadt- und Siedlungsplanung sind Planungssektoren mit definierten Zuständigkeiten, untersetzt durch Pflichtaufgaben. Trotz der zeitlichen und räumlichen Überlagerung dieser Aufgaben läuft deren Wahrnehmung in der Regel parallel und weitestgehend unabhängig voneinander ab. Eine koordinierte, gesamtstrategische Einflussnahme auf Materialkreisläufe findet derzeit nicht statt. Damit bleiben Potenziale zur Schließung von Materialkreisläufen ungenutzt. Entsprechendes gilt auch für indirekte materialinduzierte Effekte, insbesondere das Entstehen klimarelevanter „grauer Emissionen“ entlang der Materialprozessketten.

Regionale Materialkataster für Bauwerksbestände bilden die Bauwerksdynamik in ihrer zeitlichen und räumlichen Überlagerung innerhalb definierter Zeitfenster ab. Dies entspricht einer Überlagerung von Zuständen zu einem definierten Zeitpunkt im Lebenszyklus erfasster Gebäude und – soweit inbegriffen – baulicher Anlagen. Mit dem verwendeten Typisierungsansatz und dem daran anknüpfenden bottom-up MFA-Konzept liefert das Materialkataster Informationen zu den zeitgleich und räumlich sich überlagernd auftretenden „offene Enden“ eines potenziellen

Materialkreislaufes im Sinne der In- und Outputflüsse und damit einhergehender „Grauen Emissionen“. Hieran schließen sich die spezifischen sektoralen Planungsaufgaben an, bei deren Bearbeitung auf entsprechende Teilaussagen zugegriffen wird. Das Kataster legt damit die Grundlage zur Zusammenführung einer Betrachtung der In- und Outputflüsse und damit zur Quantifizierung von Potenzialen der Kreislaufführung. Die dabei verwendeten Materialkategorien einerseits und die Bauwerkstypologien andererseits sind konsequent an Informationsbedarfen sektoraler Planungsaufgaben entlang potenzieller Materialkreisläufe ausgerichtet. Die Simulationen können damit Entscheidungsspielräume und -optionen beteiligter Akteursgruppen aufgreifen. Entlang von Materialflüssen lassen sich damit Potenziale integrierter Planungsansätze in Materialkreisläufen quantitativ untersetzen. Entsprechende Planungsaufgaben bzw. Diskussionen um deren Weiterentwicklung hin zu integrierten Ansätzen sind nicht Teil der operativen Planung. Vielmehr sind sie auf einer generellen strategischen Ebene angelegt.

Die spezifische Stärke regionaler Materialkataster für Bauwerksbestände liegt damit in der Integration von Planungsaufgaben. Sektoral organisierte Planungsaufgaben werden entlang von Materialflüssen zueinander in Bezug gesetzt und daraus resultierende Potenziale der Kreislaufführung aufgezeigt. Dies dient der Konkretisierung von Umsetzungsstrategien der Kreislaufführung von Materialflüssen im Bauwerksbestand. Materialkataster entfalten ihre Stärken damit in erster Linie als informatorische Instrumente für strategische Planungsprozesse. Dies gilt grundsätzlich auch in Bezug auf Planungsaufgaben privater Akteure, beispielsweise der Entsorgungswirtschaft und Baustoffindustrie in Bezug auf Standortwahl, Einschätzung der Nachfrage und Entwicklung von Geschäftsmodellen. Regionale Materialkataster stellen Informationen auf kleinmaßstäblicher Ebene mit inhaltlich hohem Detaillierungsgrad bereit. Damit eignen sie sich auch zur Spezifizierung von Entwicklungsstrategien spezifischer Gebäudebestände – wie beispielsweise Nachbarschaften oder die Gruppe sozialer Wohnbauten etc.

Materialinventare

Das Instrument des Materialinventars beschreibt die in Einzelbauwerken verbauten Materialien und betrachtet in der dynamischen Variante die Veränderung der stofflichen Zusammensetzung im Lebenszyklus. Die Perspektive des Materialinventars erstreckt sich grundsätzlich über die Lebensphasen einzelner Bauwerke.

Fragen der Auswahl und des Einsatzes von Baumaterialien, ihre Verortung in Bauwerken, der Abschätzung ihrer Verweildauer im Bauwerk sowie die Prognose des Zeitpunktes ihres Ausbaus sowie der dabei vorliegenden Eigenschaften stehen zunächst im Vordergrund. Materialinventare leisten so über ihre Dokumentationsaufgaben hinaus einen direkten Beitrag zur bewussten Auseinandersetzung mit dem Einfluss von Planungsentscheidungen auf Material- und Rohstoffbedarfe sowie daraus resultierender Emissionen und Umweltbelastungen. Auf spätere Recyclingprozesse wird dagegen indirekt Einfluss genommen. Im Idealfall kann aufgezeigt werden, wie sich Planungsentscheidungen (u. a. design for deconstruction) auf ein bei Aus- oder Rückbau erschließbares Recyclingpotential auswirken.

Im erweiterten Sinne können die in Materialinventaren je nach Ausprägungsart zusätzlich enthaltenen Informationen weitere Akteure bei der Erfüllung ihrer Aufgaben unterstützen. Das Spektrum reicht hier von der Beleihungswertermittlung über Risikoanalyse, Kauf- und Anmietentscheidungen, Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen und Ersatzinvestitionen bis zur Nachhaltigkeitsbewertung. Ein Materialinventar ist im Kontext einer Nachhaltigkeitsbewertung entweder die Grundlage für eine Ökobilanzierung oder ihr Nebenprodukt.

Die spezifische Stärke von Materialinventaren liegt damit vor allem in der Unterstützung von Entscheidungen, die im Zusammenhang mit der Bauwerkserstellung, Bauwerksbewirtschaftung, Modernisierungs- und Rückbauplanung stehen.

5.2 Synergetische Potenziale aus der Integration von Materialkataster und Materialinventar

Materialkataster und Materialinventare weisen spezifische Stärken auf, die dazu beitragen, den Kreislaufgedanken beim Planen und Bauen insgesamt zu stärken. Durch die Zusammenführung von Materialkataster und Materialinventar zu einem ganzheitlichen Konzept für ein Informationsmanagementsystem können darüber hinaus weitere Potenziale gehoben werden.

Eine Voraussetzung für die Ausgestaltung eines Informationsflusses von der Einzelbauwerks- zur Bestandsebene sowie die Zusammenführung von Materialkatastern und Materialinventaren zu einem übergreifenden Konzept ist die Kompatibilität der Formate, Typologien und Bezeichner. Dies betrifft u. a. die Bezeichner und Typologien von Rohstoffen, Baumaterialien und Abfallkategorien, die Systematik von Bauteilen bzw. Elementen und Bauwerksteilen, die Systematik von Bauweisen, Gebäudenutzungsarten und Baualtersklassen sowie Standortangaben. Insbesondere die Typologie der Rohstoffe, Baumaterialien und Abfallkategorien muss dabei skalierbar im Sinne von aggregierbar/disaggregierbar sein, bei gegebener Anschlussfähigkeit an die nationale/europäische Statistik und Sektorzuordnung.

Materialinventare von Typvertretern als Beitrag zur Verbesserung der empirischen Datenbasis zur Aufstellung von Materialkatastern

Das vorgeschlagene Konzept zur Aufstellung von Materialkatastern basiert auf einem Typisierungsansatz und der Verwendung von Materialkennziffern, bezogen auf typische Nutzungsarten und Konstruktionsweisen von Bauwerken. Die Erarbeitung von Materialkennziffern ist aufwändig. Sie beruht üblicherweise auf Auswertungen von Bauwerksdatenbanken oder Analysen von Bauunterlagen von Typenvertretern bzw. Repräsentanten eines Gebäudetyps (s. z. B. Ortlepp et al. 2016 b). Die Möglichkeiten der Differenzierung von Baumaterialien sind zwar groß, die Zusammenführung zu Typen erfordert aber Generalisierungsschritte, die verbunden sind mit Informationsverlusten. So bleiben beispielsweise regionale Besonderheiten des Bauens innerhalb Deutschlands in verfügbaren Materialkennziffern häufig unberücksichtigt, obgleich diese in Einzelfällen existieren (Klauß et al. 2009). Auch produktspezifische stoffliche Zusammensetzungen von Materialien bilden sich in generalisierten Materialkennziffern nicht ab. Möglich sind jedoch Hinweise auf in Baumaterialien und damit in Gebäuden einer spezifischen Bauweise und Baualtersklasse enthaltene Schadstoffe (Quantz 2012).

Materialinventare für Einzelbauwerke eignen sich in diesem Kontext als Typvertreter. Hinsichtlich der Art der Informationen, die in Form von Daten der Typenvertreter zur Aufstellung von Materialinventaren genutzt werden können, ist zwischen den vorgeschlagenen konzeptionellen Varianten des Inventars zu unterscheiden.

Das Materialinventar in der Basisversion ermöglicht bereits die Bereitstellung von Informationen, soweit eine regionale Verteilung von Bauweisen bekannt ist. In diesem Fall können die Implikationen auf die Materialität der Bauwerke analysiert werden. Aufgrund der Strukturierung der Inventare in der Basisvariante nach Bauteilen lassen sich darüber hinaus Simulationen zu Materialsubstitutionen ansetzen und konkretisieren. Dies erweitert das Einsatzspektrum von Materialkatastern zur quantitativen Untersetzung potenzieller Bestandsanpassungsstrategien (z. B. CO_2-arme Bauweisen). Voraussetzungen für eine derartige Nutzung von Materialinventaren sind generelle Informationen zum jeweiligen Bauwerk, wie Nutzungsart, Konstruktionsweise – generell und differenziert nach Bauteilen – sowie zum Baualter und zum Standort. Diese Metadaten sind Voraussetzung zur Überführung der Informationen aus Inventaren auf eine Generalisierungsebene, wie sie bei Nutzung des Typisierungsansatzes erforderlich ist. Der eigentliche Wert der Materialinventare besteht in Informationen zu Art, Einbauort und Menge verbauter Materialien unter Nutzung der definierten Materialbezeichner.

Materialinventare in der Element-Version halten zusätzliche Informationen vor. Von Interesse sind insbesondere Informationen zu Produktbezeichnungen, zur Lage und Trennbarkeit von Schichten und zu den Zuordnungen zu Abfallkategorien. Informationen zu Produktbezeichnungen erlauben in ausgewählten Fällen eine Risikoabschätzung zu Schadstoffinhalten einzelner Materialgruppen. Informationen zur Trennbarkeit von Schichten und – daran anknüpfend zur Zuordnung zu Abfallkategorien – tragen dazu bei, Potenziale spezifischer Baustoffaufbereitungsprozesse und herzustellender Recyclingbaustoffe deutlich zielgenauer abzuschätzen. Die Aussagekraft und Anwendbarkeit regionaler Materialkataster verbessert sich dadurch grundlegend. Für Einzelbauwerke lässt sich zusätzlich aus entsprechenden Hinweisen im Inventar von Typvertretern der Bedarf an Art und Umfang einer Bauwerksdiagnose im Kontext einer Modernisierungs-, Umbau- oder Rückbauplanung ableiten.

Materialinventare in einer dynamischen Version, die lebenszyklusbegleitend fortgeschrieben wird, ermöglichen darüber hinaus, Veränderungen der Materialzusammensetzungen und Eigenschaften zu berücksichtigen, die aus zurückliegenden Sanierungszyklen der Gebäude resultieren. Dies erlaubt die Identifizierung und Quantifizierung wichtiger Stoffgruppen, die nach der Erstellung der Bauwerke eingebracht wurden, bzw. die Prognose des Auftretens von Stoffen beim Rückbau, die beim Neubau nicht mehr eingesetzt werden. Beispiele sind unterschiedliche Arten von Dämmstoffen, die in der Gebäudesanierung eine zentrale Rolle spielten, in üblichen bauwerksbezogenen Materialkennziffern bisher jedoch nur unzureichend abgebildet sind.

Direkte Ableitung von Materialkatastern aus Informationen von Materialinventaren

Ein bisher in Deutschland wenig diskutierter Ansatz ist die Fortschreibung regionaler Materialkataster auf Basis der Erfassung und Berücksichtigung des tatsächlichen Baugeschehens. Dies hätte zwei Voraussetzungen (1) die flächendeckende Erstellung von Materialinventaren und (2) die zentrale Erfassung und Auswertung der Materialinventare.

Eine flächendeckende Erstellung von Materialinventaren ist nur dann realistisch, wenn sie (1) nahezu ohne Mehrkosten erfolgen kann und insofern zumutbar ist, (2) ein öffentliches Interesse besteht und (3) für Bauherren ein Mehrwert erkennbar ist. Diese Voraussetzungen sind mittelfristig gegeben. Durch die voranschreitende Nachhaltigkeitsbewertung mit Ökobilanzierung sowie den Einsatz von Planungshilfsmitteln bis hin zu BIM wird das Materialinventar in der Basisversion zum Nebenprodukt. Das öffentliche Interesse am Thema wächst in Folge der Megatrends von Ressourcenverknappung und Klimawandel. Soweit Bauherren die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit verbauter Materialien belegen können, erwachsen ihnen auch finanzielle Vorteile bei Wertermittlung und Finanzierungskonditionen.

Bereits heute sind bei Fertigstellung des Gebäudes Dokumente zu erstellen, die den realisierten Zustand beschreiben, darunter der Energieausweis. Weiterhin sieht das Leistungsbild der Objektplanung die Dokumentation des Bauwerks vor, verschiedene Anforderungen und Initiativen weisen in Richtung Erstellung und Übergabe eines Gebäudepasses bei Neubau und Komplettmodernisierung. Hier lässt sich ein Materialinventar einordnen.

Die zentrale Erfassung und Auswertung von Materialinventaren erfordert, (1) den Prozess der Datenübergabe zu gestalten und (2) die datenschutztechnischen Voraussetzungen zu schaffen. Vorstellbar ist es, ein Materialinventar im Rahmen einer „Fertigstellungsmeldung“ zu übergeben, vorzugsweise elektronisch. Der Aufbau einfacher Melde- und Registrierungsstrukturen (z. B. Austrian Energy Agency o.J.) ist ein mittelfristiges Ziel. Zur Frage des Datenschutzes existieren in anderen Ländern andere Auffassungen: vor dem Hintergrund eines öffentlichen Interesses z. B. in Österreich zentrale Energieausweisdatenbanken, und in Finnland werden Konzepte zur flächendeckenden Verwaltung digitaler Zwillinge von Gebäuden diskutiert.

Selbstverstärkungseffekte von Materialkataster und Materialinventar

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen die Potenziale im Bereich Ressourcenschonung und Klimaschutz, die durch materialbezogene Informationen zum Bauwerksbestand erschlossen werden könnten. Hierzu sind zunächst die bauwerksspezifischen Materialinventare zu untersetzen und so zu spezifizieren, dass robuste Entscheidungsgrundlagen zur Gestaltung von Veränderungsprozessen im Bauwerksbestand hin zu zirkulärem Bauen bereitgestellt werden können. Materialinventare tragen damit nicht nur dazu bei, Entscheidungen im Lebenszyklus von Bauwerken auf eine rohstoffschonende und kreislauforientierte Bewirtschaftung der Materialien auszurichten, sie erschließen zugleich Informationspotenziale zur Unterstützung strategischer Planungsprozesse auf rahmensetzender Ebene, die in regionalen Materialkatastern zusammengeführt werden können. Deren Anwendung trägt zu einer stärkeren gesellschaftlichen Wahrnehmung der Bedeutung der Bauwerke als Nachfrager von Rohstoffen und Materialien, aber auch als Materiallager und dessen Beitrag zur regionalen Rohstoffsicherung bei. Das hieraus resultierende Problembewusstsein ist Voraussetzung dafür, Gestaltungsmöglichkeiten der klimaschonenden Kreislaufführung vor Ort zu spezifizieren, in Planungs- und Förderinstrumenten umzusetzen und auf Bauwerksebene zu realisieren.

6 Quellenverzeichnis

Aksözen, M.; Hassler, U.; Rivallain, M.; Kohler, N. (2017): Mortality analysis of an urban building stock. In: Building Research and Information, 2017, 45:3, Taylor & Francis (Routledge), S. 259-277. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613218.2016.1152531 (15.10.2019)

ARGE kdR (Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe) (2006): Die konsequente Umsetzung von Kennzeichnungsmaßnahmen mit einer „geregelten Volldeklaration“ stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der nationalen Unternehmen und schafft mehr Transparenz beim Verbraucherschutz.

ARGE kdR (Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe) (2008): Erstellung einer internetbasierten Datenbank zur Volldeklaration von Bauprodukten für Hersteller und Konsumenten – Endbericht über ein Forschungsprojekt. Arbeitsgemeinschaft kontrolliert deklarierte Rohstoffe, Frankfurt. https://www.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-24184.pdf (19.06.2020)

ASI (Austrian Standards International) (2006): ÖNORM B 2251 – Abbrucharbeiten – Werkvertragsnorm.

Augiseau, V.; Barles, S. (2017): Studying construction materials flows and stock: A review. In: Resources, Conservation and Recycling, 2017, 123, Elsevier B.V., S. 153 – 164. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.002 (22.9.2020)

Austrian Energy Agency (o.J.): Energieausweis in Österreich. https://www.energyagency.at/fakten-service/verbraucherinfos/energieausweis.html (15.10.2020)

AVV (2016): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV). (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/abfallverzeichnis-verordnung_2016.pdf). (15.10.2018)

BAFA (2019): Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen. Bauwerkszuordnungskatalog und –nummern. BAFA Bundesamt für Wirtschaft und Ausführkontrolle, Eschborn. 13 S. https://docplayer.org/58582348-Energieberatung-fuer-nichtwohngebaeude-von-kommunen-bauwerkszuordnungskatalog-und-nummern.html (14.8.2020)

BAMB (Buildings As Material Banks) (2016a): About BAMB. https://www.bamb2020.eu/about-bamb/ (17.06.2020)

Banteli, A.; Stevenson, V. (2017): Building information modelling (BIM) as an enabler for whole-building embodied energy and carbon calculation in Early-Stage building design. WIT Transactions on the Built Environment Vol 169. S. 89-99

Barles, S. (2009): Urban Metabolism of Paris and Its Region. In: Journal of Industrial Ecology, 2009, 13 6, John Wiley & Sons, Inc., S. 898 – 913. (23.9.2020)

Barles, S. (2014): L’écologie territoriale et les enjeux de la dématerialisation des sociétes: l’apport de l’analyse des flux de matières. In: Développement durable et territoires, 2014, 5 1, Open Edition. https://journals.openedition.org/developpementdurable/10090 (23.9.2020)

BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen) (2019): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für IngenieurbautenZTV-ING

Bauministerkonferenz (2016): Musterbauordnung – MBO. https://www.bauministerkonferenz.de/Dokumente/42318979.pdf (17.07.2020)

Bauwende-Bündnis für Klimaschutz und Ressourcenschonung im Bau (2019): Gemeinsame Stellungnahme von Akteuren im Bauwesen zum Entwurf des Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energiesparrechts für Gebäude (Gebäudeenergiegesetz – GEG). http://bauwende.de/wp-content/uploads/2019/03/Stellungnahme-Bauwende-B%C3%BCndnis-GEG-2019-03-21.pdf. (22.10.2019)

Bauwende-Bündnis (2019): baulinks: Graue Energie und Graue Emissionen sollen ins Gebäudeenergiegesetz (GEG), https://www.baulinks.de/webplugin/2019/0405.php4 (7.9.2020)

BBR (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) [Hrsg.] (2009): Raumordnungsprognose 2025/2050. Bevölkerung, private Haushalte, Erwerbspersonen BBR-Berichte Vol. 29. 1. Auflage, BBSR, Bonn

BBSR (Bundesamt für Bau-, Stadt-, und Raumforschung) (2016): Prognose der Bestandsmaßnahmen und Neubauleistungen im Wohnungsbau und im Nichtwohnungsbau. BBSR-Online-Publikation Nr. 07/2016. 1. Auflage, BBSR, Bonn. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2016/bbsr-online-07-2016-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (23.9.2020)

BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (2017): Materialströme im Hochbau – Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis, Band 06. Bonn. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ZukunftBauenFP/2017/band-06-dl.pdf (20.05.2020)

BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) [Hrsg.] (2018): Determinanten der Entwicklung des Gewerbebaus. BBSR-Online-Publikation 04/2018. 1. Auflage, BBSR, Bonn, 108 Seiten. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2018/bbsr-online-04-2018-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (16.10.2019)

BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) [Hrsg.] (2019): Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung. 1. Auflage, BBSR, 45 Seiten. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2017/graue-energie/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (18.10.2019)

BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)) (2020): Abfallschlüssel Auswertung. Referat II 6 Bauen und Umwelt.

BDF (Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.) (2020): Wirtschaftliche Lage der deutschen Fertigbauindustrie 2019. https://www.fertigbau.de/bdf/unsere-branche/index.html#&panel1-1&panel2-1 (12.06.2020)

Beitz, W.; Küttner K. [Hrsg.] (1990): Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau, 17. Auflage. Springer, Berlin

Bertin, I.; Lebrun, F.; Braham, N.; Le Roy, R. (2019): Construction, deconstruction, reuse of the structural elements: the circular economy to reach zero carbon. Sustainable Built Environment Conference (SBE19 Graz) OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 323 (2019) 012020. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/323/1/012020/pdf (05.06.2020)

BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2018): Bericht zur Rohstoffsituation in Deutschland 2018. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/produkte_node.html (7.9.2020)

Bimesmeier, T.; Gruhler, K.; Deilmann, C.; Reichenbach, J.; Steinmetzer, S. (2020): Sekundärstoffe aus dem Hochbau. Energie- und Materialflüsse entlang der Herstellung und des Einsatzortes von Sekundärstoffen aus dem Hochbau für den Baubereich. Fraunhofer IRB Verlag, Forschungsinitiative Zukunft Bau, F 3184, 252 S., ISBN: 978-3-7388-0482-9, https://www.baufachinformation.de/sekundaerstoffe-aus-dem-hochbau/bu/2020029011317 (23.9.2020)

Bimesmeier, T.; Schiller, G. (2017): Planning-Oriented Material Flow Analysis to support the management of mineral resources extraction in Vietnam. The International Conference on Environment and Sustainable Development in Mineral Resource Extraction, 29 - 30.10.2017, Hanoi, Vietnam. http://www.marex-project.de/events/IntConf_hanoi2017/MAREX_hanoi_ws_301017_proceedings_m3.pdf (23.9.2020)

Bionova Ltd (2018): OneClick LCA – Level(s) – European Commission's Level(s) tool for Building Sustainability. https://www.oneclicklca.com/levels-tool/ (05.06.2020)

BiRN (Bau-Institut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen GmbH) (2020): Was ist das BNK-System? Das Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau (BNK). https://www.bau-irn.eu/bnk-system/was-ist-das-bnk-system (20.7.2020)

BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (o.J.): ÖKOBAUDAT – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. https://www.oekobaudat.de/ (18.10.2019)

BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2017): Nutzungsdauern von Bauteilen. https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauededaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.xls (21.04.2020)

BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2018): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) – Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude. https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem.html (5.6.2020)

BMI (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat) (2019): Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin. https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf (18.8.2020)

BMI und ByAK (Bundesministerium des Inneren für Bau und Heimat und Bayerische Architektenkammer) (2018): WECOBIS – Ökologisches Baustoffinformationssystem. https://www.wecobis.de (7.9.2020)

BMJV u. BfJ (2002): Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV). Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) sowie Bundesamt für Justiz (BfJ). https://www.gesetze-im-internet.de/altholzv/AltholzV.pdf (7.9.2020)

BMJV u. BfJ (2017): Verordnung über die Getrenntsammlung und Überwachung von nicht gefährlichen Abfällen mit persistenten organischen Schadstoffen (POP-Abfall-Überwachungs-Verordnung - POP-Abfall-ÜberwV). Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) sowie Bundesamt für Justiz (BfJ). https://www.gesetze-im-internet.de/pop-abfall-_berwv/BJNR264410017.html (7.9.2020)

BMK (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie) (o.D.): SCI_BIM – Scanning and data capturing for Integrated Resources and Energy Assessment using Building Information Modelling. https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/sci-bim.php (17.06.2020)

BMNT (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus) (2017): Abfallvermeidungsprogramm 2017. https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/abfall-ressourcen/abfallvermeidung/Abfallvermeidungsprogramm-2017.html (16.07.2020)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) [Hrsg.] (2008): Megatrends der Nachhaltigkeit – Unternehmensstrategie neu denken. 1. Auflage, BMU, Berlin. http://www.4sustainability.de/fileadmin/redakteur/bilder/Publikationen/BMU2008-Megatrends-Unternehmensstrategie_neu_denken.pdf (12.8.2020)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2012): Kurzinfo Ressourceneffizienz – Worum geht es? https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/ressourceneffizienz-worum-geht-es/ (29.4.2020)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016. https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/strategie-und-umsetzung/nachhaltigkeitsstrategie/ (29.4.2020)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019): Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm. https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm/ (22.10.2019)

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2020): Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm/ (29.4.2020)

BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. 1. Auflage, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Referat Öffentlichkeitsarbeit, Berlin

BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2016): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. 1. Auflage, BMUB, Berlin. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf (23.10.2019)

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2012): Baufachliche Richtlinien Gebäudebestandsdokumentation. https://www.fib-bund.de/Inhalt/Richtlinien/BFRGBestand/bfr_gbestand.pdf (20.09.2020)

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) [Hrsg.] (2013a): Systematische Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude – Erfassung und Quantifizierung von Energieeinspar- und CO2-Minderungspotenzialen. BMVBS-Online-Publikation 27/2013. 1. Auflage, BMVBS, 121 Seiten. http://www.irbnet.de/daten/baufo/20138036007/DL_ON272013.pdf (15.10.2019)

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2013b): Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Publikationen/Regelwerke/Ingenieurbau/Erhaltung/ASB-ING.html (14.07.2020)

BMVBW (2001): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. http://www.komko-bauen.de/upload/komko/pdf/BMVBWLeitfaden-Nachhaltiges-Bauen.pdf (01.09.2020)

BMVBW (2002): Hausakte für den Neubau von Einfamilienhäusern. https://www.offensive-gutes-bauen.de/fileadmin/user_upload/komko/DLumBau/iemb_hausakte.pdf (13.07.2020)

BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) (2020): Reform der Bundesfernstraßenverwaltung. https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Strasse/Reform-Der-Bundesfernstrassenverwaltung/reform-der-bundesfernstrassenverwaltung.html (29.09.2020)

Bogenstätter, U. (2007): Bauwerkszuordnungskatalog, ifBOR Institute for Building Operations Research at Nürtingen-Geislingen University, Nürtingen-Geislingen.http://ifbor.eu/resources/ifBOR%2BBZK%2B2007-10%2BS1-10.pdf (14.8.2020)

Bourguignon, D., Orenius, O. (2018): Material use in the European Union – Towards a circular approach. Europäische Union. http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/625180/EPRS_BRI(2018)625180_EN.pdf (23.10.2019)

Bramann, H.; May, I. (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen – Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologienbei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile (21.09.2020)

Bringezu, S.; Kaiser, S.; Turnau, S.; Mostert, C. (2019): Bestimmung des Materialfußabdrucks mit ökobilanziellen Methoden und Softwarelösungen – Version 1.1: Generelle Vorgehensweise und beispielhafte Anwendung für Prozesse der CO_2-Nutzung. Universität Kassel. Center for Environmental Systems Research. https://www.uni-kassel.de/einrichtungen/fileadmin/datas/einrichtungen/cesr/documents/Bestimmung_des_Materialfu%C3%9Fabdrucks_mit_%C3%B6kobilanziellen_Methoden_und_Softwarel%C3%B6sungen.pdf (02.10.2020)

Bundesagentur für Arbeit Statistik (2019): Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) – Deutschland, Länder und Regionaldirektionen (Monatszahlen). https://statistik.arbeitsagentur.de/nn_31966/SiteGlobals/Forms/Rubrikensuche/Rubrikensuche_Form.html?view=processForm&resourceId=210368&input_=&pageLocale=de&topicId=746694&year_month=201907&year_month.GROUP=1&search=Suchen (25.10.2019)

Bundesanstalt für Gewässerkunde (2020): Bau- und bauwerksbedingte Emissionen/Immission in Wasser und Boden (SP-204). https://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Projekte/TF2/P-Emissionen.html (11.06.2020)

btu (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg) (2019): Projekte. https://www.b-tu.de/ag-baurecycling/forschung/projekte#c107339 (26.08.2020)

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFW) (Hrsg.) (2015): Ressourcennutzung in Österreich – Bericht

2015. 1. Auflage, BMLFUW/BMWFW, Wien. https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/nachhaltigkeit/ressourceneffizienz/ressourcennutzung_daten_trends/ressourcenbericht15.html (14.8.2020)

Bundesregierung (o.J.): Managementregeln (DNS 2017). https://www.bundesregierung.de/resource/blob/997532/1140248/c678c8bf02167b7aaac0c141e80982bd/2018-06-04-managementregeln-data.pdf?download=1 (13.07.2020)

Bundesregierung (2020a): Regeln für eine nachhaltige Entwicklung. Diskussionsgrundlage der Bundesregierung, Arbeitsgemeinschaft für nachhaltige Entwicklung (UAL-AG) https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1506318/03395191a9a76348613481d4d07daa6c/2018-07-11-diskussionsgrundlage-barrierefrei-data.pdf?download=1 (18.8.2020)

Bundesregierung (2020b): Bundesregierung aktualisiert Nachhaltigkeitsstrategie. https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsstrategie-1124112 (28.09.2020)

BZK (2010): Bauwerkszuordnungskatalog, Stand Dezember 2010. Bauministerkonferenz. Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU). Ausschuss für staatlichen Hochbau. https://www.bauministerkonferenz.de/Dokumente/42314086.pdf (14.8.2020)

BZK Baden-Württemberg (2011): Bauwerkszuordnungskatalog und Synopse, Stand 2011. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.), Freiburg. https://www.is-argebau.de/Dokumente/42315636.pdf (14.8.2020)

Cischinsky, H.; Diefenbach, N. (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 - Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Endbericht, 1. Auflage, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/gebaeudebestand/prj/Endbericht_Datenerhebung_Wohngeb%C3%A4udebestand_2016.pdf (23.9.2020)

Circular Ecology Ltd (o. J.): Embodied energy and carbon – The ICE database. http://www.circularecology.com/embodied-energy-and-carbon-footprint-database.html (25.10.2019)

Corts, K. (2019): Zukunftshaus wird Empfangsgebäude. https://www.german-architects.com/de/architecture-news/fundstuck/zukunftshaus-wird-empfangsgebaude (15.09.2020)

Crawford, R.H.; Treloar, G.J. (2010): Database of Embodied Energy and Water Values for Materials. https://figshare.com/articles/Database_of_Embodied_Energy_and_Water_Values_for_Materials/4595623 (25.10.2019)

DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) (2019): Building Information Modeling (BIM) als Basis für den Umgang mit digitalen Informationen zur Optimierung von Stoffkreisläufen im Bauwesen. www.dbu.de/projekt_33110/01_db_2848.html (20.05.2020)

DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) (o.J.) Stoffpass Gebäude. https://www.dbu.de/123artikel35863_2430.html (13.07.2020)

DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) (o.J.b): Gebrauchte Betonbauteile wiederverwenden. https://www.dbu.de/123artikel29469_2430.html (12.10.2020)

Dechantsreiter, U. (o.J.): Bauteilkatalog – Was findet sich wo? http://www.bauteilnetz.de/bauteilnetz/website/bauteilsuche?btk_suche=true (12.10.2020)

Dechantsreiter, U.; Horst, P.; Mettke, A.; Asmus, S.; Schmidt, S.; Knappe, F.; Reinhardt, J.; Theis, S.; Lau, J. (2015): Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen.

Dehoust, G.; Küppers, P.; Bringezu, S.; Wilts, H. (2010): Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Erstellung eines bundesweiten Abfallvermeidungsprogramms. Umweltbundesamt Fachgebiet III 1.5 Kommunale Abfallwirtschaft, Gefährliche Abfälle, Anlaufstelle Basler Übereinkommen. Dessau-Roßlau.

Deilmann, C.; Behnisch, M.; Dirlich, S.; Gruhler, K.; Hagemann, U.; Petereit R.; Kunz, C.; Petereit, K. (2013): Systematische Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude –Erfassung und Quantifizierung von Energieeinspar-und

CO2-Minderungspotenzialen. 1. Auflage, BMVBS, Berlin. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/bmvbs-online/2013/ON272013.html (23.9.2020)

Deilmann, C.; Krauß, N.; Gruhler, K.; Reichenbach, J. (2014): Sensitivitätsstudie zum Kreislaufwirtschaftspotenzial im Hochbau. 1. Auflage, BBSR, Berlin, 152 Seiten. http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2013/Kreislaufwirtschaftspotenzial/01_start.html?nn=436654¬First=true&docId=1153180 (15.10.2019)

Deilmann, C.; Krauß, N.; Gruhler, K.; Reichenbach, J. (2017): Materialströme im Hochbau. Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. BBSR, Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis, Berlin, 86 S. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2017/band-06.html (18.8.2020)

Destatis (o.J.): Bauen - Zeitreihe Wohnungsbestand: Deutschland, früheres Bundesgebiet, neue Länder https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Tabellen/liste-wohnungsbestand.html (23.9.2020)

Detzel, A.; Kauertz, B.; Grahl, B.; Heinisch, J. (2016): Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) (2016): DGNB fordert Weiterentwicklung und Neuausrichtung der EnEV. https://www.dgnb.de/de/aktuell/pressemitteilungen/2016/dgnb-fordert-weiterentwicklung-und-neuausrichtung-der-enev (22.10.2019)

DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen GmbH) (2020): Das DGNB Zertifizierungssystem. https://www.dgnb-system.de/de/system/index.php (5.6.2020)

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) (2015): Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C. Deutsches Institut für Bautechnik. Berlin.

DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) (2019): Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB). Deutsches Institut für Bautechnik. Berlin

Diestel, S.; Weimar, H. (2014): Der Kohlenstoffgehalt in Holz- und Papierprodukten – Herleitung und Umrechnungsfaktoren. Thünen Working Paper 38. Hamburg. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_38.pdf (18.08.2020)

DIN 4226-100:2002-02: Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel - Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen

DIN 4226-101:2017-08: Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 – Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen

DIN EN 12620:2013-07: Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2013

DIN EN ISO 14040:2009-11: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006)

DIN EN ISO 14044:2018-05: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017)

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (1999): DIN 1076:1999-11. Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2000): DIN 18007:2000-05. Abbrucharbeiten – Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche.

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2011): DIN EN 13670:2011-03. Ausführung von Tragwerken aus Beton

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2012): DIN 1045-3:2012-03. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2016): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Abbruch- und Rückbauarbeiten

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2018): DIN 276:2018-12. Kosten im Bauwesen

DIN (2019): DIN EN IEC 62474:2019-09; VDE 0042-4:2019-09 Materialdeklaration für Produkte der elektrotechnischen Industrie und für die elektrotechnische Industrie

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (2020): DIN EN 15804:2020-03. Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.

Dodd, N.; Cordella, M.; Traverso, M.; Donatello, S. (2017): Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings. Part 3: How to make performance assessments using Level(s). EUR 28898 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109286/jrc109286_171205_levels_eu_framework_of_building_indicators_part_3_pubsy_version_b1.0%281%29.pdf (15.06.2020)

Džubur, N.; Laner, D. (2018): Evaluation of Modeling Approaches to Determine End-of-Life Flows Associated with Buildings: A Viennese Case Study on Wood and Contaminants. In: Journal of Industrial Ecology, 2018, 22(5), John Wiley & Sons, Inc., S. 1156-1169. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12654 (13.8.2020)

ecoinvent (o. J.): The ecoinvent database. https://www.ecoinvent.org/database/database.html (25.10.2019)

ecovadis (o.J.): Sustainable Sourcing. (12.8.2020)

Ehlert, C. (2019): Luxemburger Strategien zur Ressourcengewinnung beim Gebäuderückbau. Re-source 2019. Basel. https://9dce1766-6443-44ac-b19e-3cac64c2f37a.filesusr.com/ugd/e92729_bfe53cf4f8844b0cafe9bd5c3ddf75b3.pdf (19.06.2020)

Energie-Experten (o. J.): Unterscheidung und Einteilung von Baustoffen. https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/baustoffe.html (4.9.2020)

Eßig, N.; Nisse, J. (2019): Continuation and further development of sustainability criteria in the assessment system for sustainable house building. In: Mauerwerk, 2019, 23 Heft 3, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, S. 138-145. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/dama.201900006?af=R (18.8.2020)

EU (2017): Level(s). Nachhaltigkeitsleistung von Gebäuden, #Build Circular. Europäische Kommission. https://www.ogni.at/wp-content/uploads/Levels_flyer-DE-web.pdf (7.9.2020)

EU Kommission (2014): Commission Decision of 18 December 2014 amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council Text with EEA relevance. OJ EU L 370, 30.12.2014, p. 44–86. https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2014/955/oj (22.06.2020)

EU Kommission (2016): EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en (22.06.2020)

EU Kommission (2018): Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten an Gebäuden vorgeschaltete Abfallaudits – Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen in der EU. Ref. Ares(2018)4724185. http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/31521/attachments/1/translations/ (22.06.2020)

EU Kommission (2019): Study on the Development of an EU Framework for Buildings' Digital Logbook. https://ec.europa.eu/easme/en/tenders/study-development-eu-framework-buildings-digital-logbook (13.07.2020)

EU Kommission (2020a): Circular Economy - Principles for buildings design. https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984 (22.06.2020)

EU Kommission (2020b): Building sustainability performance – Level(s) https://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm (15.06.2020)

Europäische Kommission (2020a): Sustainable finance: TEG final report on the EU taxonomy. https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/sustainable-finance-teg-final-report-eu-taxonomy_en (25.06.2020)

EU (Europäisches Parlament und Europäischer Rat) (2008): Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2011): Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, Ort https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/305/oj (13.8.2020)

EU (Europäisches Parlament und Europäischer Rat) (2020): Verordnung (EU) Nr. 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088. Amtsblatt der Europäischen Union L 198/13

Eurostat (2013): Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA). Compilation Guide 2013. Europäische Kommission, Luxembourg. ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/2013-EW-MFA-Guide-10Sep2013.pdf/54087dfb-1fb0-40f2-b1e4-64ed22ae3f4c (13.8.2020)

Eurostat (2019): Material flow accounts statistics - material footprints. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Material_flow_accounts_statistics_-_material_footprints (02.10.2020)

EU Technical Expert Group on Sustainable Finance (2020): Taxonomy Report – Technical Annex. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy-annexes_en.pdf (26.06.2020)

FGSV (2007): Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau – TL SoB StB. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln/Berlin. https://www.fgsv-verlag.de/tl-sob-stb (7.9.2020)

FH Münster (2018): RESSOURCE.WDVS – Ressourceneffiziente Nutzung von qualitätsgesichertem Sekundär-EPS sowie der mineralischen Fraktionen aus WDVS. www.fh-muenster.de/forschung/forschungsprofil/projekt.php?pr_id=958 (20.05.2020)

F.I.D. (Fertigbau Informations-Dienst GmbH) (o.J.): Hausakte – für scheckheftgepflegte Fertighäuser. Bundesverbandes Deutscher Fertigbau e.V. (BDF) Bad Honnef. https://www.fertighauswelt.de/hausbau/ratgeber/hausakte.html (01.09.2020)

Figl, H.; Dolezal, F.; Thurner, C. (2018): Untersuchung von Gebäudegebundenen Stoffströmen in der Entsorgungsphase – Endbericht. BBSR, Berlin

Figl, H.; Thurner, C. (2019): BNB Kriteriensteckbrief 4.1.4 neu. BBSR, Ref II 6

Figl, H.; Thurner, C. (2020): Sekundärbaustoff-Kreisläufe im BNB als Beitrag zum ressourceneffizienten Bauen – Endbericht. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Berlin

Fraunhofer IRB (2020): Einfach Bauen 2 – Planen-Bauen-Messen: Anwendung integraler Strategien für energieeffizientes, einfaches Bauen mit Holz, Leichtbeton und hochwärmedämmendem Mauerwerk in Pilotprojekten anhand der Ergebnisse aus "Einfach Bauen 1". https://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Einfach-Bauen-2-Planen-Bauen-Messen-Anwendung-integraler-Strategien-f%C3%BCr-energieeffizientes-einfaches-Bauen-mit-Holz-Leichtbeton-und-hochw%C3%A4rmed%C3%A4mmendem-Mauerwerk-in-Pilotprojekten-anhand-der-Ergebnisse-aus-Einfach-Bauen-1/20190071/ (22.05.2020)

https://www.ganomia.de/Brandschutzklappe-mit-Schmelzlot-O-250-mmGDS (Government Digital Service UK) (o.D.): Buying or selling your home. https://www.gov.uk/buy-sell-your-home/energy-performance-certificates (09.07.2020)

GEOFABRIK (2020): Startseite. http://www.geofabrik.de/ (3.9.2020)

Gewerbeabfallverordnung (2017): Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen

Giegrich, J.; Lauwigi, C.; Vogt, R.; Kämper, C.; Franke, B. (2016): Konzeption für eine Ressourcenverbrauchspflicht-kennzeichnung für Produkte. 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundes-amt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-12-05_ressourcenverbrauchskennzeichnung_endbe-richt_final_002.pdf (12.8.2020)

Giegrich, J.; Liebich, A.; Lauwigi, C.; Reinhardt, J. (2012): Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau

Görg, H. (1997): Entwicklung eines Prognosemodells für Bauabfälle als Baustein von Stoffstrombetrachtungen zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. 1. Auflage, Dissertationsschrift im Eigenverlag (Schriftenreihe WAR 98), Darm-stadt, 300 Seiten plus Anhang

Gruhler, K, Bimesmeier, T and Deilmann, C (2019) Secondary materials in the building sector – energy and material flows. Tagung: Central Europe towards Sustainable Building (CESB19), Czech Technical University, 02. bis 04.07.2019, Prag. https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012014 (13.8.2020)

Gruhler, K.; Böhm, R. (2011): Auswirkungen des demografischen Wandels auf das Stofflager und die Stoffflüsse des Wohngebäudebestandes - Deutschland 2050. 1. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 106 Seiten

Gruhler, K.; Böhm, R.; Deilmann, C.; Schiller, G. (2002): Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe - Gebäudever-gleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen. IÖR-Schriften 38, Dresden, 307 S.

Gruhler, K.; Deilmann, C. (2015): Materialaufwand von Nichtwohngebäuden. Verfahrensschritte zur Abbildung der Ressourceninanspruchnahme des Nichtwohnbau-Bestandes. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 164 Seiten https://www.baufachinformation.de/buch/Materialaufwand-von-Nichtwohngeb%C3%A4uden/244173 (7.9.2020)

Gruhler, K.; Deilmann, C. (2016): Resource saving potentials through increase recycling in the building sector – sen-sitivity studies on current and future construction activity. Sustainable Built Environment Conference 2016 in Ham-burg: Strategies, Stakeholders, Success factors, 7. – 11.03.2016, Hamburg. https://publikationen.biblio-thek.kit.edu/1000051699 (18.8.2020)

Gruhler, K.; Deilmann, C. (2017): Materialaufwand von Nichtwohngebäuden. Methodisches Vorgehen, Berech-nungsverfahren, Gebäudedokumentation (Teil II). Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 105 Seiten https://www.bau-fachinformation.de/Materialaufwand-von-Nichtwohngeb%C3%A4uden-Teil-II/fb/248566 (7.9.2020)

Günther, J.; Lehmann, H.; Lorenz, U.; Purr, K. (2019): Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland res-sourcenschonend gestalten. 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau https://www.umweltbundesamt.de/si-tes/default/files/medien/376/publikationen/190215_uba_fachbrosch_rtd_bf.pdf (12.8.2020)

Habo (o.J.): Förslag till materialinventering inför rivning (underlag till rivningsplan). https://www.habo.se/down-load/18.66f3c14714d2157d2521b50a/1430907712317/Förslag-miljöinventering inför rivning.pdf (16.12.2020)

Hammer, M.; Giljum, S.; Hinterberger, F. (2003): Material flow analysis of the City of Hamburg. Sustainable Europe Research Institute (SERI)

Hammer, M.; Giljum, S.; Luks, F.; Winkler, M. (2006): Die ökologische Nachhaltigkeit regionaler Metabolismen: Ma-terialflussanalysen der Regionen Hamburg, Wien und Leipzig. In: Natur und Kultur, 2006, 7/2, Gesellschaft für öko-logisch-nachhaltige Entwicklung, S. 41 - 61. http://www.umweltethik.at/wp/wp-content/uploads/HammerEtAlRe-gionaleMetabolismen.pdf (23.9.2020)

Haberl, H.; Wiedenhofer, D.; Schug, F.; Frantz, D.; Virág, D.; Plutzar, C.; Gruhler, K.; Lederer, J.; Schiller, G.; Fishman, T.; Lanau, M.; Gattringer, A.; Kemper, T.; Liu, G.; Tanikawa, H.; van der Linden, S.; Hostert, P. (2020): High-resolu-tion maps of material stocks in buildings and infrastructures in Austria and Germany. In: Environmental Science & Technology, 2020, ACS Publications, Washington (im Review)

Hanff, J.; Wörter, J. (2015): BIM für die Mengenermittlung. In: Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Hrsg.): Building Information Modeling, Springer, Wiesbaden. S. 333-341.

Hedemann, J.; Meinshausen, I.; Ortlepp, R.; Schiller, G.; Liebich, A.; Möller, A. (2017): Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland: Entwicklung eines dynamischen Stoffstrommodells und Aufbau einer Datenbank zur Prognose des Sekundärrohstoffaufkommens (KartAL II). 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-in-deutschland-0 (18.8.2020)

Heeren, N.; Hellweg, S. (2018): Tracking Construction Material over Space and Time: Prospective and Geo-referenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows. In: Journal of Industrial Ecology, 2019, [online] Volume 23(1), John Wiley & Sons, Inc., S. 253 – 267. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12739 (15.10.2019)

Heinrich, M. A. (2016): Development of a Raw Material Model for Urban Systems – A Contribution to Support Material Flow Analysis and Resource Management. Sustainable Built Environment Conference 2016 in Hamburg: Strategies, Stakeholders, Success factors, 7 – 11.03.2016, Hamburg. https://www.zebau.de/fileadmin/images/Veranstaltungen/2016/SBE16/downloads/SBE16Hamburg_BookOfExtendedAbstracts_web.pdf (23.9.2020)

Helmus, M.; Meins-Becker, A.; Kelm, A.; Quessel, M.; Kaufhold, M.; Röhr, C.; Pilling, A. (2018): BIM-Leitfaden für den Mittelstand – Wie viel BIM verträgt ein Mittelstandsprojekt? Forschungsinitiative Zukunft Bau. BBSR. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/zukunft-bauen-fp/2019/band-19-dl.pdf;jsessionid=BFEC2AEAA6924D8D9A9BAB16FB5F12C4.live11292?__blob=publicationFile&v=1 (21.09.2020)

Herczeg, M.; McKinnon, D.; Milios, L.; Bakas, I.; Klaassens, E.; Svatikova, K.; Widerberg, O. (2014): Resource efficiency in the building sector – Final report. 1. Auflage, ecorys Nederland BV, Rotterdam. https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Resource%20efficiency%20in%20the%20building%20sector.pdf (23.10.2019)

Herold, A. (1998): Der Wald als Klimaretter? Potentiale, Prinzipien und Probleme bei der Anrechnung von biologischen Senken im Kyoto-Protokoll. Forum Umwelt & Entwicklung – AG Klima (Hrsg.), Bonn. http://www.oeko.de/oekodoc/102/1998-002-de.pdf (7.9.2020)

HfWU (Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen) (2018): Auf Besichtigungstour der Zukunft. Nürtingen. www.hfwu.de/aktuelles/pressemeldungen/pressemeldung/news/auf-besichtungstour-der-zukunft/ (20.05.2020)

HOAI (2013): Honorarordnung für Architekten und Ingenieure vom 10. Juli 2013. https://www.gesetze-im-internet.de/hoai_2013/HOAI.pdf (14.8.2020)

Höflich & Maier Consult GmbH (2018): BIM --- die Prozessbasierte Digitalisierung im Bereich des Bauwesens. https://h-m-consult.com/ (21.09.2020)

Hoekman, P.; von Blottnitz, H. (2016): Cape Town's Metabolism – Insights from a Material Flow Analysis. In: Journal of Industrial Ecology, 2017, 21 5, John Wiley & Sons, Inc., S.1237 - 1249. https://doi.org/10.1111/jiec.12508 (23.9.2020)

Honic, M.; Kovacic, I. (2020): Model and data management issues in the integrated assessment of existing building stocks. In: Organization, Technology and Management in Construction, 2020, 11, Sciendo, Warschau, S. 2148–2157

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (2018): Untersuchung von gebäudegebundenen Stoffströmen in der Entsorgungsphase. https://www.ibo.at/forschung/referenzprojekte/data/untersuchung-von-gebaeudegebundenen-stoffstroemen-in-der-entsorgungsphase/ (23.10.2019)

ift (Institut für Fenstertechnik) Rosenheim GmbH (2012): EPD Holz-Metallfenster, -schiebetüren und -hebeschiebetüren – Environmental Product Declaration nach ISO 14025 und EN 15804. http://www.schneider-fassaden.de/fileadmin/user_upload/inhalte/dokumente/zertifikate/15-06-25MEPD_Holz-Metall-Fenster_Schneider.pdf (15.07.2020)

IINAS (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien) (o.J.): GEMIS – Globales Emissions-Modell integrierter Systeme. http://iinas.org/gemis-de.html (25.10.2019)

IÖR (Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.) (o.J. a): IÖR Informationsportal Bauwerksdaten. http://ioer-bdat.de/ (29.10.2019)

IÖR (Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.) (o.J. b): Rechenprogramm zur Erstellung einer Kommunalen Wohnungsnachfrageprognose. http://www2.ioer.de/wpg/index.php (16.10.2019)

IÖR-Monitor (o.J.): Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung. https://monitor.ioer.de/ (3.9.2020)

ISO (International Organization for Standardization) (2019): ISO 21931-2:2019 Sustainability in buildings and civil engineering works — Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment — Part 2: Civil engineering works

ISO (International Organization for Standardization) (2020): ISO 20887:2020 Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance

ITKo (Koordinierung der Bund/Länder Fachinformationssysteme im Straßenwesen) (o.J.): Die Fachgruppe entwickelt das Programmsystem „Bauwerke" neu. https://itko-strassenwesen.de/was-wir-tun/die-fachgruppen-des-itko/fachgruppe-neugestaltung-sibbw/ (15.07.2020)

IWU (2013): Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU: Neufassung Oktober 2013. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/klima_altbau/2013_IWU_Diefenbach_Basisdaten-f%C3%BCr-Hochrechnungen-mit-der-Deutschen-Geb%C3%A4udetypologie-des-IWU-2013.pdf (14.8.2020)

IWU (2020): TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Abgeschlossenes Forschungsprojekt des IWU. https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/ (14.8.2020)

Jäger, W.; Masou, R.; Bakeer, T.; Ortlepp, S.; Sobek, W.; Haase, W.; Bergmann, C.; Schuster, H.; Altinisik, L.; Brenner, V.; Mörtl, S.; Thümmler, T. (2013): Entwicklung der Grundprinzipien für voll rezyklierbare, modulare, massive Bauweisen in Breitenanwendung auf 0-Energiebasis. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. https://www.irbnet.de/daten/rswb/13089005695.pdf (20.05.2020)

Jäger, W.; Mettke, A.; Youssef, H.; Schmidt, S.; Arnold, V.; Matthes, C.; Fischer, J. (2020): Entwicklung und Anwendung von komplett demontablen Wohneinheiten aus ressourcen-schonendem Beton – RC-WE-Modul. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. https://www.irbnet.de/daten/rswb/20019007937.pdf (22.05.2020)

Jones Lang LaSalle GmbH [Hrsg.] (2011): Hamburg 2020: Ein Blick in die Zukunft – Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Büroimmobilienmarktes in der Hansestadt. 1. Auflage, Jones Lang LaSalle GmbH, Hamburg, 43 Seiten. https://docplayer.org/4998276-Hamburg-2020-ein-blick-in-die-zukunft.html (16.10.2019)

Kampen, R.; Peck, M.; Pickhardt, R.; Richter, T. (2014): Bauteilkatalog – Planungshilfe für dauerhafte Betonbauteile. BetonMarketing Deutschland GmbH, Erkrath. http://www.betonpruefung.info/online/de/Home/Techn.Informationen/documento8.html (12.10.2020)

KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren) (o.J.): Ökobilanzdaten im Baubereich. https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html. (18.10.2019)

Klauß, S.; Kirchhof, W.; Gissel, J. (2009): Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. https://www.zub-systems.de/sites/default/files/downloads/Deutschlandkarte-2009-10.pdf (18.09.2020)

Kleemann, F.; Lederer, J.; Rechberger, H.; Fellner, H. (2016): GIS-based Analysis of Vienna's Material Stock in Buildings. In: Journal of Industrial Ecology, 2017, 21 2, John Wiley & Sons, Inc., Seite 368-380. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12446 (18.8.2020)

Kleemann, F.; Lehner, H.; Szczypińska, A.; Lederer, J.; Fellner, J. (2018): Bewertung von Abfallströmen aus Gebäudeabbrüchen in Wien auf Grundlage von Bildmatching-basierter Veränderungsdetektion. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 2018, 70, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) und Springer-Verlag GmbH Austria, Seite 138–146. https://link.springer.com/article/10.1007/s00506-018-0463-y (23.9.2020)

König, H.; Mandl, W. (2010): LEGEP – Software für eine integrale Gebäudeplanung. https://legep.de/wp-content/uploads/LEGEP-INFO-2.pdf (21.04.2020)

König. H. (2017): Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden. Lebenszyklusanalyse mit Berechnungen der Ökobilanz und Lebenszykluskosten. Im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt und des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, Ascona GbR, Gröbenzell, 595 S.

Kovacic, I. (2017): BIMaterial: „BIM-basierter materieller Gebäudepass“. Dresdner Planerforum. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung. Dresden. https://idw-online.de/de/attachmentdata57214.pdf (22.05.2020)

Kovacic, I.; Honic, M.; Rechberger, H.; Oberwinter, L.; Lengauer, K.; Hagenauer, A.; Glöggler J.; Meier, K. (2018): BIMaterial – Prozess-Design für den BIM-basierten, materiellen Gebäudepass

Krauß, N.; Schiller, G. (2016): Heizungsanlagen in Nichtwohngebäuden aus Materialflussperspektive – Dynamik und Bestand am Beispiel der Heizungsleitungen. In: Bauphysik, 2016, 38 5, Ernst und Sohn, S. 317-327, http://dx.doi.org/10.1002/bapi.201610033 (13.8.2020)

Krauß, N.; Schiller, G.; Deilmann, C. (2016): Erhebliche Mengen an Stahl und Kupfer – Eine neue Methode mittels „Bottom-up“-Verfahren ermöglicht die Berechnung des Materiallagers von Heizungsleitungen im Wohngebäudebestand. In: ReSource, 2016, 29 2, Rhombos Verlag, S. 28-37

KrWG (2017): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz), Stand Juli 2017, https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/index.htmlhttps://www.gesetze-im-internet.de/krwg/index.html (13.8.2020)

Kurz, R. (2007): Schallschutzpass - DEGA Kriterienkatalog Teil 2 Anwendung des DEGA Kriterienkatalogs mit Beispielen aus der Praxis. http://pub.dega-akustik.de/DAGA_1999-2008/data/articles/002919.pdf (13.07.2020)

Kylili, A.; Fokaides, P.; Vaičiūnas, J.; Seduikyte, L. (2015): Integration of Building Information Modelling (BIM) and Life Cycle Assessment (LCA) for sustainable constructions. Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, Volume 4, 13, S. 28-38

LNU SH (Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) (2007): Zuordnung von Abfällen aus der Sortierung - Zuordnung von Abfällen zu einem Abfallschlüssel des Kapitels 19 und hier der Gruppe 1912. http://www.umweltdaten.landsh.de/public/webportal/doc/Abfallschluessel_Kap19.pdf (11.9.2020)

Landeshauptstadt Dresden (2018): Statistische Mitteilungen Bauen und Wohnen 2017. Kommunale Statistikstelle. https://www.dresden.de/media/pdf/onlineshop/statistikstelle/Bauen_und_Wohnen_2017.pdf (23.9.2020)

Landeshauptstadt Düsseldorf (2020): Serviceagentur Altbausanierung (SAGA) – Gebäudetypologie. https://www.duesseldorf.de/saga/sanierung/gebaeudetypologie.html (14.8.2020)

Lehmann, I.; Gruhler, K.; Deilmann, C. (Hrsg.) (2015): Die Stadt als CO2-Senke? - stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse sowie CO_2-Bindung in Gebäuden. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 79 Seiten

Lindner, S.; John, A.; Hermelink, A.; Pohl, A.; Petersdorff, C. (2018): Optionen und Instrumente der Freien und Hansestadt Hamburg zur Reduzierung der CO_2-Emissionen im Gebäudesektor. Gutachterliche Analyse und Simulation der CO_2-Einsparung. Projekt-Nummer: 200748, Ecofys Germany GmbH, Köln, 113 S. https://www.hamburg.de/contentblob/13047276/cfb90c03093a575b2195b9b0d21d5f98/data/d-gutachten-optionen-und-instrumente-ecofys-mit-vermerk.pdf (23.9.2020)

Lohjan Kaupungin (2018): Suunnitelma Rakennustyömaajätteen Käsittelystä. https://lohja.emmi.fi/l/VpWDBFf6KBqQ (16.12.2020)

Lutter, S.; Giljum, S.; Gözet, B.; Wieland, H.; Manstein, C. (2018): Die Nutzung natürlicher Ressourcen – Bericht für Deutschland 2018. 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuress18_de_bericht_web_f.pdf (12.8.2020)

Lützkendorf, T. (2019): Mass flow in the life cycle of buildings – A topic and its context. Keynote lecture SBE19. Buildings as Material Banks (BAMB 2019), Brüssel.

Lützkendorf, T.; Lorenz, D.; Kertes, J. (2007): Kostengünstige Finanzierung durch positives Objekt-Rating. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. https://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Gestaltung-und-Nutzung-des-Basel-II-konformen-Objekt-Rating-f%C3%BCür-eine-kosteng%C3%BCnstige-Finanzierung-qualitativ-hochwertiger-und-%C3%B6ökologisch-vorteilhafter-Neubau-und-Sanierungsprojekte-im-Wohnungsbau/20048013392/ (25.05.2020)

Madaster Services (2020): Madaster Real Estate. https://www.madaster.com/en/our-offer/madaster-real-estate (16.12.2020)

Mahler, B.; Idler, S.; Nusser, T. und Gantner, J. (2019): Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Entwurf Endbericht, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 175 Seiten. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Forschungsdatenbank/fkz_3715_41_111_energieaufwand_gebaeudekonzepte_bf.pdf (25.10.2019)

Mayer, A.; Haas, W.; Wiedenhofer, D.; Krausmann, F.; Nuss, P.; Blengini, G. A. (2018): Measuring Progress towards a Circular Economy – A Monitoring Framework for the Economy-wide Material Loop Closing in the EU 28. In: Journal of Industrial Ecology, 2019, 23 1, John Wiley & Sons, Inc., S. 62-76. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12809 (18.8.2020)

MBO (2019): Musterbauordnung–MBO. Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz von 22.02.2019. https://www.bauministerkonferenz.de/Dokumente/42323066.pdf (14.8.2020)

Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H.; Schiller, G. (2008): Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem. 1. Auflage, BMVBS/BBR, Bonn. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/forschungen/2008/Heft134.html (23.9.2020)

Mendler, D. (2016): Kostenermittlung gemäß DIN 276. https://archix.de/wp-content/uploads/2015/06/20160607_VL_7_Kostenermittlung.pdf (21.04.2020)

Miller, W.; Lützkendorf, T. (2016): Capturing sustainable housing characteristics through Electronic Building Files: The Australian Experience. Sustainable Built Environment Conference 2016 in Hamburg: Strategies, Stakeholders, Success factors, 7. bis 11 März 2016, Hamburg. https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000051699 (18.8.2020)

Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable (2018): Materialinventar – Beispiel. https://environnement.public.lu/content/dam/environnement/documents/offall_a_ressourcen/d%C3%A9chets-inertes/20180119-Materialinventar-Beispiel.xlsx (16.12.2020)

Mukkavaara, J.; Jansson, G.; Olofsson, T. (2018): Structuring information from BIM: A glance at bills of materials. Proceedings of the 35th ISARC. S. 370-376. Berlin, Germany. http://www.iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2018-Paper087.pdf (19.06.2020)

Müller, F.; Lehmann, C.; Kosmol, J.; Keßler, H.; Bolland, T. (2017): Urban Mining – Ressourcenschonung im Anthropozän. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/uba_broschuere_urbanmining_rz_screen_0.pdf (18.8.2020)

Najjar, M.; Figueiredo, K.; Palumbo, M.; Haddad, A. (2017): Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building. Journal of Building Engineering, November 2017, Volume 14, S. 115-126

NaWoh (Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V.) (2019): Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau. https://www.nawoh.de/ (5.6.2020)

Neroth, G.; Vollenschaar, D. [Hrsg.] (2011): Wendehorst Baustoffkunde: Grundlagen - Baustoffe – Oberflächenschutz. 27. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden

Neininger, S. (2009): Recycling: Kreislaufarten, Formen, Behandlungsprozesse – Untergliederung des Recyclings sowie Vorstellung der Aufbereitungstechniken des Materialrecyclings. Fachhochschule Trier

Obrecht, T.; Röck, M.; Hoxha, E.; Passer, A. (2020): BIM and LCA Integration: A Systematic Literature Review. Sustainability, 2020, 12.

OECD (2018): Global Material Resources Outlook to 2060 – Economic drivers and environmental consequences. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf (12.8.2020)

ÖNORM (2019): ÖNORM B 3151:2019 11 01 Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode – Normentwurf

Ortlepp, R.; Gruhler, K.; Schiller, G. (2016 a): Material stocks in Germany's non-domestic buildings: a new quantification method. In: Building Research & Information, 2016, 44 8, Taylor & Francis (Routledge), S. 840-862. http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2016.1112096 (18.8.2020)

Ortlepp, R.; Gruhler, K.; Schiller, G. (2016 b): Materials in Germany's domestic building stock: calculation model and uncertainties. In: Building Research & Information, 2018, 46 2, Taylor & Francis (Routledge), S. 164-178. http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2016.1264121 (Online First 2016) (18.8.2020)

Ortlepp, R.; Gruhler, K.; Schiller, G.; Ortlepp, S. (2017): Grundlagen für materialeffizientes Planen und Bauen. Baustoffzusammensetzung des deutschen Nichtwohngebäudebestands. In: Bautechnik, 2017, 94 1, John Wiley and Sons, Inc., S. 10-18. http://dx.doi.org/10.1002/bate.201600022 (23.9.2020)

Ott, S; Hausmann, B. (2015): Stoffpass Gebäude – Entwicklung von Grundlagen für das operative Ressourcenmanagement im Real-estate development und Baukonstruktion. Abschlussbericht. Technische Universität München. https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-31077.pdf (19.06.2020)

OVAM (2012): Leidraad bij de opmaak van een sloopinventaris. https://www.ovam.be/sites/default/files/FILE1360589911140ovhl130205_Leidraad_opmaak_sloopinventaris_metbijlage_LR.pdf (16.12.2020)

Prestle Sanitär-Heizung- Flaschnerei GmbH & Co. KG (2019): Heizung - mieten statt kaufen. https://prestle.de/Privatkunden/Heizungstechnik/heizung-mieten-statt-kaufen.html (12.10.2020)

Purr, K.; Günther, J.; Lehmann, H.; Nuss, P. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE-Studie. 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf (12.8.2020)

Püschel, D.; Teller, M. (2013): Umweltgerechte Baustoffe - Graue Energie und Nachhaltigkeit von Gebäuden. 1. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 117 Seiten

QDF (Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau) (2015): QDF Satzung. Bad Honnef. https://www.fertigbau.de/bdf/wer-wir-sind/qualitaetsgemeinschaft/index.html?getDownloadFile=314 (12.06.2020)

Quantz, D. (2012): Damit muss man rechnen! (Typische Schadstoffe für Bauepochen und Gebäudetypen). https://www.sbb-mbh.de/fileadmin/media/publikationen/seminarunterlagen/2012-01-25/sanierung_11_quantz_web.pdf (15.10.2020)

Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal / Osterzgebirge (2009): Regionalplan 2009. https://rpv-elbtalosterz.de/regionalplanung/regionalplan-2009 (30.10.2019)

Reisinger, H.; Buschmann, H.; Walter, B.; Lixia, R.; Daxbeck, H. (2014): Gebäudepass – Erarbeitung von Grundlagen für die Standardisierung von Gebäudepässen als Gebäudematerialinformationssystem. Umweltbundesamt GmbH, Wien. http://www.rma.at/sites/new.rma.at/files/Report_Geb%C3%A4udepass_UBA_RMA_140829.pdf (03.09.2020)

Reiß, N. (2018): Wie Architekten BIM bewerten. Deutsches Architektenblatt. https://www.dabonline.de/2018/04/24/praktische-erfahrungen-und-erwartungen-an-die-architektenkammern-umfrage-bim/ (22.10.2019)

Rewindo (2020): Fenster-Recycling-Service. Aus alten Kunststofffenstern neues Profil gewinnen. https://rewindo.de/ (7.9.2020)

Richtlinie zur Ermittlung des Sachwertes (Sachwertrichtlinie - SW-RL) 9/2012. https://www.bundesanzeiger-verlag.de/fileadmin/BIV-Portal/Dokumente/PDF/Sachwertrichtlinie.pdf (16.10.2019)

Ritthoff, M.; Rohn, H.; Liedtke, C. (2002) Calculating MIPS - Resource productivity of products and services. 1. Auflage, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy at the Science Centre North Rhine-Westphalia, Wuppertal. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/1577/file/WS27e.pdf (13.8.2020)

Rohde, C.; Lützkendorf, T.; Schulz, M.; Lorenz, D.; Kertes, J.; Immendörfer, A. (2011): Projekt objektINFO – Analyse der Informationsbedürfnisse ausgewählter Akteursgruppen zu Objektinformationen im Lebenszyklus von Gebäuden als Voraussetzung für die Entwicklung einer Bauwerks-Informations-Systematik (BIS). Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. https://www.irbnet.de/daten/rswb/11059022891.pdf (15.09.2020)

Rössig, S. (2005): eLCA Online Handbuch. https://www.r-i-g.de/Handbuch/VorwortHandbuch.html (16.09.2020)

Rössig, S. (2019): How to do_CSV-Import. https://www.bauteileditor.de/docs/downloads/CSV2eLCA/How-to-do_CSV-Import_2019-10-01.pdf (22.10.2019)

Schiller, G. (2010): Kostenbewertung der Anpassung zentraler Abwasserentsorgungssysteme bei Bevölkerungsrückgang. Dissertationsschrift. 1. Auflage, Rhombos-Verlag, Berlin. https://slub.qucosa.de/landing-page/?tx_dlf[id]=https%3A%2F%2Fslub.qucosa.de%2Fapi%2Fqucosa%253A4645%2Fmets (23.9.2020)

Schiller, G.; Bimesmeier, T.; Anh, P. T. V. (2020 a): Method for quantifying supply and demand of construction minerals in urban regions — a case study of Hanoi and its hinterland. In: Sustainability, 2020, 12(11) 4358, MDPI AG, S. 1-23 https://doi.org/10.3390/su12114358 (11.9.2020)

Schiller, G.; Bräuer, A.; Westphal, M.; Zinkler, S.; Friederich, I.; Kramer-Heinke, K. (2016): MinResource - Nachhaltiges Ressourcenmanagement von mineralischen Primär- und Sekundärbaustoffen. 1. Auflage, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 99 Seiten. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13598 (18.8.2020)

Schiller, G.; Deilmann, C.; Reichenbach, J.; Baumann, J.; Günther M. (2010): Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung. 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 195 Seiten. https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/ermittlung-von-ressourcenschonungspotenzialen-bei (15.10.2019)

Schiller, G.; Gruhler, K. and Ortlepp, R. (2017 a): Continuous Material Flow Analysis Approach for Bulk Nonmetallic Mineral Building Materials Applied to the German Building Sector. In: Journal of Industrial Ecology, 2017, [online] Volume 21(3), John Wiley & Sons, Inc., S. 673-688. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.12595 (15.10.2019)

Schiller, G.; Lützkendorf, T.; Gruhler, K.; Lehmann, I.; Mörmann, K.; Knappe, F.; Muchow, N. (2019 a): Material Flows In Buildings‘ Life Cycle And Regions – Material Inventories To Support Planning Towards Circular Economy. Tagung: Central Europe towards Sustainable Building (CESB19), Czech Technical University, 02. - 04.07.2019, Prag. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/290/1/012031 (13.8.2020)

Schiller, G.; Lützkendorf, T.; Lehmann, I.; Mörmann, K.; Gruhler, K.; Knappe, F.; (2020 b): Management system for building materials as a basis for closed loop material flow analysis considering material efficiency and climate change mitigation. BEYOND 2020 – World Sustainable Built Environment Online Conference, 02 – 04.11.2020, Göteborg (im Erscheinen)

Schiller, G.; Miatto, A.; Gruhler, K.; Ortlepp, R.; Deilmann, C; Tanikawa, H. (2018): Transferability of material composition indicators for residential buildings: A conceptual approach based on a German-Japanese comparison. In:

Journal of Industrial Ecology, 2019, 23 (4), John Wiley & Sons, Inc., S. 796-807, https://doi.org/10.1111/jiec.12817 (Online First 2018) (13.8.2020)

Schiller, G.; Müller, F.; Ortlepp, R. (2017 b): Mapping the anthropogenic stock in Germany: Metabolic evidence for a circular economy. In: Resources, Conservation and Recycling, 2017, 123, Elsevier B.V., S. 93-107, http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.08.007 (Online First 2016) (13.8.2020)

Schiller, G.; Ortlepp, R.; Krauß, N.; Steger, S.; Schütz, H.; Fernández, J. A.; Reichenbach, J.; Wagner, J.; Baumann, J. (2015): Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. 1. Auflage, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 315 Seiten. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kartierung-des-anthropogenen-lagers-in-deutschland (15.10.2019)

Schmidt-Bleek, F.; Klüting, R. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS - das Maß für ökologisches Wirtschaften. 1. Auflage, Birkhäuser Verlag, Basel

Schneider, P.; Oswald, K. D.; Riedel, W.; Meyer, A.; Schiller, G.; Bimesmeier, T.; Viet, A. P. T.; Long, N. K. (2018): Engineering Perspectives and Environmental Life Cycle Optimization to Enhance Aggregate Mining in Vietnam. In: Sustainability, 2018, 10(2) 525, MDPI AG, S.1-22 http://dx.doi.org/10.3390/su10020525 (14.8.2020)

Schneider, U.; Böck, M.; Mötzl, H. (2010): recyclingfähig konstruieren – Subprojekt 3 zum Leitprojekt „gugler! build & print triple zero“. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 21/2011. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

Schneider-Marin, P.; Dotzler, C.; Röger, C.; Lang, W.; Glöggler, J.; Meier, K.; Runkel, S. (2019): Design2Eco – Lebenszyklusbetrachtung im Planungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden - Entscheidungsgrundlagen und Optimierungsmöglichkeiten für frühe Planungsphasen. Abschlussbericht. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. https://www.irbnet.de/daten/rswb/19039016001.pdf (20.05.2020)

Scholl, G.; Gossen, M.; Holzhauer, B.; Schipperges, M. (2017): Umweltbewusstsein in Deutschland 2016 – Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. 1. Auflage, BMUB und UBA, Berlin/ Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltbewusstsein_deutschland_2016_bf.pdf (12.8.2020)

Schulze, H.-J.; Walther, P. (1990 a): Gebäudeatlas – Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980, Teil 1: Fachwerkbauten und Wohngebäude in Mauerwerksbauweise. Bauinformation der Bauakademie, Berlin, 95 S.

Schulze, H.-J.; Walther, P. (1990 b): Gebäudeatlas – Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880 bis 1980, Teil 2: Wohngebäude in Block-, Streifen-, Platten- und Skelettbauweise. Bauinformation der Bauakademie, Berlin, 60 S.

Secrétariat général du Gouvernement (2011): Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments. https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025145228/2020-12-16/ (16.12.2020)

Seemann, A. (2003): Entwicklung integrierter Rückbau- und Recyclingkonzepte für Gebäude. – Ein Ansatz zur Kopplung von Demontage, Sortierung und Aufbereitung. Shaker Verlag, Aachen

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o.J. a): Regionaldatenbank Deutschland. https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/ (25.10.2019)

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o.J. b): Zensusdatenbank des Zensus 2011. https://ergebnisse.zensus2011.de/ (25.10.2019)

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o.J. c): Nutzungsentgelte. Forschungsdatenzentrum. http://www.forschungsdatenzentrum.de/nutzungsentgelte.asp (23.9.2020)

StaBu (2014): Systematik der Bauwerke. Mit Erläuterungen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014, 67 S. https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Bauwerke/bau-78v14-erl.pdf;jsessionid=5264FA1FB18CEA04B9ECC5B3FF1F1C7D.internet8711?__blob=publicationFile (14.8.2020)

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (o.J.): Meine Region – Datenblätter auf Stadtteilebene. http://region.statistik-nord.de/main/2/0/ (25.10.2019)

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2014): Ergebnisse für Zensus 2011 – Ergebnisse für Hamburg. https://www.statistik-nord.de/zahlen-fakten/zensus/zensus/ergebnisse-fuer-hamburg/ (25.10.2019)

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2015): Bevölkerungsentwicklung 2017 bis 2035 in Hamburg. https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische_Berichte/bevoelkerung/A_I_8_j_HH/A_I_8_j15_HH.pdf (25.10.2019)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (o.J. a): Publikationen – Abfallbilanz. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/_inhalt.html#sprg238672 (23.9.2020)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (o.J. b): Tabelle - Baufertigstellungen im Hochbau: Bundesländer, Jahre, Bautätigkeiten, Gebäudeart/Bauherr. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=31121-0002&zeitscheiben=1#abreadcrumb (23.9.2020)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2016): Bestand und Struktur der Wohneinheiten – Fachserie 5 Heft 1 – Mikrozensus-Zusatzerhebung 2014 https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/wohnsituation-haushalte-2055001149004.html (23.9.2020)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019 a): Fachserie 5 Reihe 1 - Bautätigkeit und Wohnungen. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautaetigkeit/bautaetigkeit-2050100187004.pdf?__blob=publicationFile (25.10.2019)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019 b): 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung - Basis 2018. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/aktualisierung-bevoelkerungsvorausberechnung.html (25.10.2019)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020): Fachserie 5 Reihe 3 - Bautätigkeit und Wohnungen. Bestand an Wohnungen 2019. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/_inhalt.html#sprg233558 (07.10.2020)

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2016): Ergebnisüberblick zur 6. RBV –Gemeinden von A – Z. https://www.statistik.sachsen.de/html/41700.htm (25.10.2019)

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2017): Gemeindestatistik 2017 für Meißen, Stadt. https://www.statistik.sachsen.de/Gemeindetabelle/jsp/GMDAGS.jsp?Jahr=2017&Ags=14627140 (25.10.2019)

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2019 a): Erwerbstätige – Ergebnisse Landkreise. https://www.statistik.sachsen.de/html/541.htm (25.10.2019)

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2019 b): Statistische Jahrbücher – Statistisches Jahrbuch 2018 – Kapitel XIII Bautätigkeit und Wohnungswesen. https://www.statistik.sachsen.de/html/50371.htm (25.10.2019)

Steger, S.; Ritthoff, M.; Bulach, W.; Schüler, D.; Kosinska, I.; Degreif, S.; Dehoust, G.; Bergmann, T.; Krause, P.; Oetjen-Dehne, R. (2019) Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/stoffstromorientierte-ermittlung-des-beitrags-der (22.05.2020)

Stephan, A.;Athanassiadis, A. (2016): Quantifying and mapping embodied environmental requirements of urban building stocks. In: Building and Environment, 2016, Volume 114, Elsevier B.V., Seiten 187 – 202. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132316304747 (23.9.2020)

Stewart, L. (2000): Recyclingpotentiale unverträglicher Werkstoffe – Trennung von Stoffschlußverbindungen. Dissertation. Technische Universität Berlin

Swedish Construction Federation (2019a): Resource and waste guidelines for construction and demolition. https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/02/Resource-and-waste-guidelines-2019.pdf (13.07.2020)

Swedish Construction Federation (2019b): Appendix – Resource and waste guidelines for constructions and demolition 2019. https://byggforetagen.se/appendix-resource-and-waste-guidelines-for-constructions-and-demolition-2019/ (13.07.2020)

Tanikawa, H.; Hashimoto, S. (2009): Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS. In: Building Research and Information, 2009, 37:5-6, Taylor & Francis (Routledge), S. 483-502. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210903169394 (15.10.2019)

Technische Universität Darmstadt [Institut IWAR] [Hrsg.] (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. 1. Auflage, Technische Universität Darmstadt [Institut IWAR], Darmstadt, 288 Seiten. https://www.tib.eu/en/search/id/TIBKAT%3A882209140/r3-Verbundprojekt-Techno-%C3%B6konomische-Potenziale/ (16.10.2019)

Teplast Herbert Terbrack GmbH & Co. KG (2019): Materialdatenblatt PC transparent optisch (Polycarbonat). https://www.teplast.de/wp-content/uploads/2019/09/PC-optisch.pdf (13.8.2020)

Ternes, T. (2016): https://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Projekte/TF2/P-Emissionen.html (22.10.2019)

Trinius, W.; Sievert, J.; Schmincke, E.; Grootens, F.; Pankow, N.; Untergutsch, A.; Görke, J.; Werner, F.; Lützkendorf, T.; Passer, A.; Bergius, S. (2020): Grundlagen und Empfehlungen zur Beschreibung der Rückbau-, Nachnutzungs- und Entsorgungsphase von Bauprodukten in Umweltproduktdeklarationen – Ein Leitfaden für Bauproduktindustrie und Normungsgremien zur Ausgestaltung der Module C und D in EPD und PCR. Umweltbundesamt Fachgebiet III 2.2 Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie. Dessau-Roßlau.

TU Dresden (2019): C3-V1.5: Abbruch, Rückbau und Recycling von C³-Bauteilen. tu-dresden.de/bu/ bauingenieurwesen/imb/forschung/Forschungsfelder/TRC-C3/C3-vorhaben/C3-V1.5 (22.05.2020)

TU Wien (2020): SCI_BIM – Scanning and data capturing for Integrated Resources and Energy Assessment using Building Information Modelling. https://www.industriebau.tuwien.ac.at/forschung/forschungsprojekte/sci-bim/ (29.09.2020)

UBA (Umweltbundesamt) [Hrsg.] (2017): Urban Mining – Ressourcenschonung im Anthropozän. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/uba_broschuere_urbanmining_rz_screen_0.pdf (13.07.2020)

UBA (Umweltbundesamt) (2018 a): Die Nutzung natürlicher Ressourcen – Bericht für Deutschland 2018. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuress18_de_bericht_web_f.pdf (23.10.2019)

UBA (Umweltbundesamt) (2018 b): Indikator: Rohstoffkonsum. https://www.umweltbundesamt.de/indikator-rohstoffkonsum (30.10.2019)

UBA (Umweltbundesamt) (2018 c): Ressourcennutzung in Deutschland. https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/ressourcennutzung-in-deutschland (30.10.2019)

UBA (Umweltbundesamt) (2018d): Indikator: Gesamtrohstoffproduktivität. https://www.umweltbundesamt.de/indikator-gesamtrohstoffproduktivitaet (29.04.2020)

UBA (Umweltbundesamt) (2018e): Hochwasserpass. https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/hochwasserpass-0 (13.07.2020)

UNEP (United Nations Environment Programme - International Panel for Sustainable Resource Management - Working Group on the Global Metal Flows) [Hrsg.] (2010): Metal stocks in society - Scientific synthesis. 1. Auflage, UNEP DTIE, Paris. http://hdl.handle.net/20.500.11822/8438 (22.9.2020)

VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V.) (2012): VDI 2067-1:2012-09, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung, Verein Deutscher Ingenieure e.V. Düsseldorf

VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V.) (2016a): VDI 4800 Blatt 1:2016-02. Ressourceneffizienz – Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V.) (2016b): VDI 6210 Blatt 1:2016-02. Abbruch von baulichen und technischen Anlagen.

VDI (Verein Deutscher Ingenieure e.V.) (2018): VDI 2552 Blatt 3:2018-05. Building Information Modeling - Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung.

VDI ZRE (VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH) (2019): Rückbau im Hochbau – Aktuelle Praxis und Potenziale der Ressourcenschonung. VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse Nr. 26. Berlin. https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/kurzanalysen/VDI-ZRE_KA26_Rueckbau_im_Hochbau_Web_bf.pdf (19.05.2020)

VDZ (Verein Deutscher Zementwerke e.V.) (2017): Umwelt-Produktdeklaration – Zement. https://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Wissen/Nachhaltigkeit/VDZ-EPD-2017.pdf (23.9.2020)

Verordnung über die Ermittlung der Beleihungswerte von Grundstücken nach § 16 Abs. 1 und 2 des Pfandbriefgesetzes (Beleihungswertermittlungsverordnung - BelWertV) 9/2009. https://www.gesetze-im-internet.de/belwertv/BJNR117500006.html (16.10.2019)

Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) 7/2017. http://www.gesetze-im-internet.de/avv/index.html (30.10.2019)

VÖB (Bundesverband Öffentlicher Banken Deutschlands) (2006): VÖB-ImmobilienAnalyse – Instrument zur Beurteilung des Chance-/Risikoprofils von Immobilien. https://www.voeb-service.de/fileadmin/user_upload/Fachpublikation_VOEB-Immobilienanalyse_September_2006.pdf (25.05.2020)

Volk, R.; Müller, R.; Schultmann, F.; Rimbon, J.; Lützkendorf, T.; Reinhardt, J.; Knappe, F. (2019): Stoffffluss- und Akteursmodell als Grundlage für ein aktives Ressourcenmanagement im Bauwesen von Baden-Württemberg „StAR-Bau“ - Schlussbericht des Forschungsvorhabens. 1. Auflage, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 373 Seiten. https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000086644 (23.9.2020)

Wahlström, M.; Castell-Rüdenhausen, M.; Hradil, P.; Hauge Smith, K.; Oberender, A.; Ahlm, M.; Götbring, J., Hansen, J. (2019): Improving quality of construction & demolition waste – Requirements for pre-demolition audit. TemaNord 2019:508. http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1294662/FULLTEXT01.pdf (18.12.2020)

WPM-Ingenieure (Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Datenverarbeitung mbH) (2016): SIB Bauwerke. http://www.wpm-ingenieure.de/include.php?path=sib_bauwerke&pid=21&subid=35 (02.06.2020)

Wu, Z.; Yu, A.T.W.; Shen, L.; Liu, G. (2014): Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. In: Waste Management, 2014, 34(9), Elsevier Ltd, S. 1683-1692

Ympäristöministeriö (2018): Kierrätyksestä kiertotalouteen. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160441 (16.12.2020)

Zima, K. (2017): Impact of information included in the BIM on preparation of Bill of Quantities. Procedia Engineering. Volume 208, S. 203-210. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817360320 (05.06.2020)

A. Anhang zu Kapitel 2

A.1 Anhänge zur Bauteilsystematik

Tabelle 48 Bauteil- und Materialcodes für Außenwände nach der BNB-Nutzungsdauertabelle (2017)

Code-Nr.	Bauteil/Material
331.111	Mauerwerkswand
331.211	Betonwand
331.311	Holzwand
331.411	Stahlbauwand
331.511	Lehmbauwand
331.611	Formsteine mit Betonfüllung
333.111	Mauerwerksstütze
333.211	Betonstütze
333.311	Holzstütze
333.411	Stahlstütze
334.111	Standardtüren: Laubholz
334.112	Standardtüren: Metall
334.113	Standardtüren: Holzwerkstoff
334.114	Standardtüren: Kunststoff
334.115	Standardtüren: Nadelholz
334.121	Brandschutztüren
334.131	Sondertüren: Schallschutztüren, Glastüren
334.132	Sondertüren: Automatiktüren
334.133	Sondertüren: Schiebetüren, Rotationstüren
334.211	Fenster (Rahmen und Flügel): Aluminium, Aluminium-Holz-Komposit, Aluminium-Kunststoff-Komposit, Laubholz behandelt, Stahl
334.212	Fenster (Rahmen und Flügel): Kunststoff, Nadelholz behandelt
334.311	Beschläge: einfache Beschläge, Schiebebeschläge
334.312	Beschläge: Drehkippbeschläge, Schwingflügelbeschläge, Hebedrehkippbeschläge
334.313	Türschlösser, Türanschlagdämpfer, Panikverschlüsse
334.314	Türschließer
334.315	Türantriebe
334.316	Verglasung: Sicherheits-Isolierglas, 3-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas, 2-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas, Brandschutz-Isolierglas, Schallschutz-Isolierglas, Angriffhemmendes Isolierglas, Sonnenschutz-Isolierglas
334.317	Dichtungsprofile
334.318	Dichtstoffe
334.319	Rollläden
335.111	Abdichtungen erdberührt, gegen drückendes Wasser: Dichtungsbahnen
335.112	Abdichtungen erdberührt, gegen drückendes Wasser: Bentonit
335.113	Abdichtungen erdberührt: Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton
335.121	Abdichtungen erdberührt, gegen nichtdrückendes Wasser: Dichtungsbahnen aus Bitumen, Spachtelmasse
335.122	Abdichtungen erdberührt, gegen nichtdrückendes Wasser: Beschichtungen und Anstriche
335.131	Abdichtungen erdberührt nachträglich: Querschnittsabdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit durch mechanische Injektion
335.132	Abdichtungen erdberührt nachträglich: Vergelung, Schleierinjektion
335.141	Abdichtungen erdberührt: Abdichtungsschutz aus Schutzmauern (Beton, Ziegel, Hartbrandklinker)
335.142	Abdichtungen erdberührt: Abdichtungsschutz aus Hartschaumplatten Polystyrol, Noppenbahnen (Polyethylen Polypropylen), Wellplatten faserverstärkt auf Zementbasis
335.143	Abdichtungen erdberührt: Abdichtungsschutz aus Granulatmatten, Wellplatten
335.151	Wärmedämmung erdberührter Bauteile: Perimeterdämmung Schaumglas

335.152	Wärmedämmung erdberührter Bauteile: Perimeterdämmung Extrudiertes Polystyrol
335.211	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Dispersionsfarbe, Dispersions-Silikatfarbe, Weißzementfarbe, Kunststoffbeschichtungen auf Beton, Silikonharzfarbe, Silikatfarbe, Polymerisatharzfarben
335.214	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Kalkfarbe
335.215	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Imprägnierung auf Mauerwerk
335.216	Außenanstriche, mineralischer Untergrund: Lasur
335.221	Holzschutzanstriche, außen: Holzlacke
335.222	Holzschutzanstriche, außen: Holzlasuren
335.223	Holzschutzanstriche, außen: Holzöle/-wachse
335.231	Graffiti-Schutz: kurzfristige wirksame Produkte (auf Zuckerbasis)
335.232	Graffiti-Schutz: semipermanente Systeme (Hydrophobierung mit "Opferschicht")
335.233	Graffiti-Schutz: permanente Systeme (dickschichtig)
335.311	Putz auf monolithischer Tragschicht: hochhydraulischer Kalkmörtel, Mörtel mit Putz- und Mauerbinder, Kalkzementmörtel, Zementmörtel mit Zusatz von Luftkalk, Zementmörtel, Luftkalkmörtel, Hydraulischer Kalkmörtel, Wasserkalkmörtel
335.312	Putz auf monolithischer Tragschicht: Sanierputzsysteme, mineralische Leichtputzsysteme auf porosierter Tragschicht
335.313	Putz auf monolithischer Tragschicht: Silikatputze, Silikonharzputze, Kunstharzputze
335.314	Putz auf Wärmedämmung: mineralische Putzsysteme, silikatische Putzsysteme, Kunstharzputzsysteme, Silikonharzputzsysteme
335.411	Bekleidungen: Klinker, Kalksandstein, Sichtbeton
335.511	Bekleidungen: Naturstein, Kunststein, Betonsteinplatten, Faserzementplatten, Kunstharzstein, Ziegelplatten, keramische Fliesen und Platten, Feinsteinzeug, Steinzeug und Spaltplatten
335.521	Verfugungsmassen
335.522	Bekleidungen: harte Belagsmaterialien auf Wärmedämmung
335.611	Dämmschicht als Kerndämmung: Mineralwolledämmplatten, Polyurethandämmplatten, Polystyrol, Blähschiefergranulat, Blähglasgranulat, Blähtongranulat
335.621	Dämmschicht hinter Vorsatzschale hinterlüftet: Mineralschaumplatten, Schaumglasplatten
335.631	Dämmschicht hinter Vorsatzschale: Vakuumdämmpaneele
335.641	Wärmedämmverbundsystem: Mineralwolledämmplatten, Polystyroldämmplatten, Polyurethandämmplatten, Holzfaserdämmplatten, Holzwolleleichtbauplatten, Korkplatten
335.642	Wärmedämmverbundsystem transparent
335.711	Holzbekleidung: Nadelholz behandelt, Laubholz, Holzwerkstoff-Systeme
335.712	Holzbekleidung: Nadelholz unbehandelt
335.713	Holzbekleidung: Holzschindeln
335.811	Metallbekleidungen: Zink, Kupfer, Aluminium eloxiert, Aluminium lackiert, Stahl nicht rostend
335.812	Metallbekleidungen: Stahl galvanisch verzinkt
335.813	Vorsatzschale hinterlüftet: Kupferblech
335.814	Vorsatzschale hinterlüftet: Zink, Stahl nicht rostend
335.815	Vorsatzschale hinterlüftet: korrosionsreduzierter Stahl, Stahl galvanisch verzinkt und beschichtet
335.816	Vorsatzschale hinterlüftet: Aluminium-Verbundplatten
335.911	Vorsatzschale hinterlüftet: Glas
335.912	Kunststoffstegplatten transparent: Acrylglasplatten
335.913	Kunststoffstegplatten transparent: Polycarbonatplatten
335.914	Vorsatzschale, hinterlüftet: faserverstärkte Harzkompositplatten
335.915	Wandbekleidungen (Systeme): Kunststoff, Mehrschichtleichtbauplatten
335.916	Vorsatzschale: Fugen- und Kompriband, Verfugung, Dehnungsfuge, Profil
335.917	Vorsatzschale: Unterkonstruktion
336.111	Bekleidung Dämmplatten: Mineralschaumdämmplatten, Calciumsilikatplatten
338.111	Jalousien: Kunststoff, Aluminium
338.211	Markisen
338.311	Sonnenschutz, feststehend: Aluminium
339.111	frei stehende Konstruktion: Mauerwerk, Stahlbeton, Stahl nicht rostend, Stahl feuerverzinkt (stückverzinkt), Aluminium beschichtet, Laubholz, Kunststoff-Komposit
339.112	frei stehende Konstruktion: Nadelholz, behandelt
339.121	Brüstung: Stahlgitterkonstruktion feuerverzinkt (stückverzinkt), Glas, Mauerwerk, Stahlbeton
339.122	Brüstung aus Holzkonstruktion
339.123	Brüstungsbekleidung aus Aluminiumplatten, Glasplatten
339.124	Brüstungsbekleidung aus Kunststoffplatten

Tabelle 49 Systematik von Anlagenkomponenten nach der VDI-Richtlinie 2067

Nummer	Anlagenkomponente
1	Heizung
1.1	Nutzenübergabe
1.1.1	Heizflächen mit Zubehör (Ventile, Verschraubungen, Halter)
1.1.1.a	Gussradiatoren
1.1.1.b	Stahlradiatoren
1.1.1.c	Plattenheizkörper, Stahl
1.1.1.d	Aluminium-Heizkörper
1.1.1.e	Konvektoren mit Verkleidung
1.1.1.f	Deckenheizungen, Deckenstrahlplatten
1.1.1.g	Warmwasser-Fußbodenheizungen
1.1.1.h	Thermisch aktive Bauteile, z. B. Decken
1.1.2	Regeleinrichtungen
1.1.2.a	Thermostatventile
1.1.2.b	Ventile mit Hilfsenergiebetätigung
1.1.2.c	Dezentrale Regelpumpen
1.1.3	Lufterhitzer für Großraumbeheizung, gas- oder ölbefeuert
1.1.4	Elektrische Heizung
1.1.4.a	Speicherheizgerät (DIN V 44570-60531/DIN 44 572)
1.1.4.b	Elektrische Fußbodenheizung (DIN V 44 576) (einschließlich Aufbau ab Rohbetondecke)
1.1.4.c	Elektrisches Direktheizgerät, fest eingebaut
1.2	Verteilung
1.2.1	Pumpen
1.2.1.a	Fundamentpumpen
1.2.1.b	Umwälzpumpen
1.2.1.c	Geregelte Strahlpumpen
1.2.2	Armaturen
1.2.3	Ausdehnungsgefäß
1.2.3.a	Mit Membrane (DIN 4751-2/-3)
1.2.3.b	Mit Druckpolster (DIN 4752)
1.2.4	Mess- und Regelgeräte
1.2.5	Wärmedämmung von Rohrleitungen
1.2.6	Rohrleitung aus gezogenem oder gewalztem Stahl
1.2.6.a	Warmwasser-Heizung
1.2.6.b	Dampf
1.2.6.c	Kondensat
1.2.6.d	Gas
1.2.7	Rohrleitungen aus Kupfer
1.2.8	Rohrleitungen aus Kunststoff
1.3	Erzeugung
1.3.1	Wärmeerzeuger
1.3.1.1	Gasfeuerstätte mit Brenner ohne Gebläse
1.3.1.1.a	Umlauf-Gaswasserheizer
1.3.1.1.b	Vorrats-Gaswasserheizer
1.3.1.1.c	Gas-Brennwertkessel, wandhängend, unter 100 kW
1.3.1.1.d	Gas-Brennwertkessel, bodenstehend, unter 200 kW
1.3.1.1.e	Gas-Brennwertkessel, bodenstehend, über 200 kW mit Neutralisationsanlage
1.3.1.2	Spezialkessel für Öl- und Gasfeuerung

1.3.1.2.a	Spezialkessel für Öl- und Gasfeuerung, unter 120 kW
1.3.1.2.b	Kessel über 120 kW als Spezialkessel für Öl- und Gasfeuerung als Guss- oder Stahlkessel
1.3.1.3	Heizkessel für Festbrennstoffe
1.3.1.3.a	Gusseiserne Gliederkessel, nur für Heizung ohne Rücklauftemperaturanhebung
1.3.1.3.b	Stahlkessel ähnlicher Bauart nur für Heizung ohne Rücklauftemperaturanhebung im Einfamilienhaus
1.3.1.3.c	Holzpellet-Heizkessel
1.3.1.3.d	Hackschnitzel-Heizkessel
1.3.1.4	Schnelldampferzeuger
1.3.1.5	Großwasserraumkessel und Wasserrohrkessel > 1 MW
1.3.1.6	Brenner
1.3.1.6.a	Gasbrenner ohne Gebläse
1.3.1.6.b	Gasbrenner mit Gebläse und Zubehör
1.3.1.6.c	Ölbrenner mit Gebläse und Zubehör
1.3.1.7	Elektrische Heizung
1.3.1.7.a	Elektro-Zentralspeicher
1.3.1.8	Wärmepumpen
1.3.1.8.a	Luft/Wasser (Elektro)
1.3.1.8.b	Sole/Wasser, Wasser/Wasser (Elektro)
1.3.1.8.c	Gas
1.3.1.9	Blockheizkraftwerke
1.3.1.10	Solarkollektoren
1.3.1.10.a	Absorber
1.3.1.10.b	Flachkollektor
1.3.1.10.c	Vakuum-Röhrenkollektor
1.3.1.10.d	Vakuum-Flachkollektor
1.3.2	Wärmeübertrager mit Kupferbatterie, gelötet oder gleichwertig einschließlich Regelung
1.3.2.a	Heizwasser
1.3.2.b	Heizwasser/Trinkwasser
1.3.2.c	Heizwasser/Dampf
1.3.3	Plattenwärmeübertrager
1.3.4	Hausübergabestation bei Fernwärme mit direktem Anschluss
1.3.5	Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss
1.3.6	Brennstoffbeschickung, Entaschung, Brennstofflagerung
1.3.6.a	Mechanische Beschickung für feste Brennstoffe
1.3.6.b	Pneumatische Beschickung für feste Brennstoffe
1.3.6.c	Schlacken- und Aschetransport
1.3.6.d	Entstaubungsanlage (ohne Saugzug) mit zugehöriger Rohrleitung
1.3.6.e	Saugzuganlagen
1.3.6.f	Batteriebehälter aus Stahl (DIN 6620-1)
1.3.6.g	Doppelwandige Behälter aus Stahl für unterirdische Lagerung (DIN 6608-2)
1.3.6.h	Standortgefertigte Behälter aus Stahl (DIN 6625-1)
1.3.6.i	Behälter aus Stahl für oberirdische oder teilweise oberirdische Lagerung (DIN 6616, DIN 6618, DIN 6619)
1.3.6.j	Behälter mit Kunststoff-Innenbeschichtung nach RAL-RG 998, RAL-RG 977
1.3.6.k	Behälter mit Schutzinnenhüllen oder Schutzeinlagen (geprüft und bauartzugelassen)
1.3.6.l	Behälter aus anderen Werkstoffen als Stahl (geprüft und bauartzugelassen), z. B. Alu, Kunststoff (PE, GFK u. a.) und Stahlbeton mit Innenbeschichtung (alle nicht korrosionsanfällig)
1.3.6.m	Tankzubehör mit Leitungen
1.3.6.n	Leckanzeigegerät
1.3.6.o	Flüssiggasbehälter

1.3.6.p	Pellet- und Hackschnitzellager mit Fördereinrichtung
1.3.7	Bauliche Anlagen
1.3.7.a	Bauten allgemein
1.3.7.b	Schornstein im Gebäude
1.3.7.c	Frei stehender Schornstein, gemauert oder Beton
1.3.7.d	Bühnen und Treppen im Kesselhaus
2	Raumlufttechnik, Raumkühltechnik
2.1	Nutzenübergabe
2.1.1	Luftdurchlass
2.1.2	Wärme
2.1.2.1	Lufterhitzer
2.1.2.1.1	Direkt
2.1.2.1.1.a	Gas/Öl
2.1.2.1.1.b	Elektro
2.1.2.1.3	Indirekt
2.1.2.1.3.a	Wasser
2.1.2.1.3.b	Dampf
2.1.2.2	Wärmerückgewinner
2.1.2.2.a	Platten-Wärmetauscher
2.1.2.2.b	Kreislaufverbund-Wärmetauscher
2.1.2.2.c	Rotations-Wärmetauscher
2.1.3	Kälte
2.1.3.1	Luftkühler
2.1.3.1.a	Wasser
2.1.3.1.b	Sole
2.1.3.2	Wärmerückgewinner (siehe 2.1.2.2)
2.1.3.3	Kühldecke
2.1.3.3.a	Kassetten bzw. Langfeldplatten mit Wasserrohren (Klemm-, Magnet- und Klebeverbindung oder lose eingelegt)
2.1.3.3.b	Kühlsegel
2.1.4	Feuchte
2.1.4.1	Befeuchtung
2.1.4.1.a	Verdampfung
2.1.4.1.b	Verdunstung
2.1.4.1.c	Wasserdüse
2.1.4.2	Entfeuchtung
2.1.4.2.a	Kühler
2.1.4.2.b	Absorption/Adsorption
2.1.5	Entstoffer
2.1.5.1	Grobfilter, einstufig
2.1.5.2	Feinfilter, mehrstufig
2.1.5.2.a	Elektrofilter
2.1.5.2.b	Aktivkohlefilter
2.1.5.2.c	zu reinigende Filter
2.1.6	Lufttransport
2.1.6.1	Ventilator, axial
2.1.6.1.a	Wandventilator
2.1.6.1.b	Ventilator Kanaleinbau
2.1.6.1.c	Ventilator mit Riemenantrieb
2.1.6.1.d	Ventilator mit Direktantrieb

2.1.6.3	Ventilator, radial
2.1.6.4	Ventilator-Querstrom
2.1.7	Schalldämpfer
2.1.8	Luftführung/Luftkanäle
2.2	Verteilung
2.2.1	Warmwasser, siehe Heizung
2.2.2	Kaltwasser
2.2.2.a	Rohrleitungen
2.2.2.b	Dämmung
2.2.2.c	Pumpen
2.2.2.d	Armaturen
2.2.2.e	Regelung
2.2.2.f	Ausdehnungsgefäße
2.3	Erzeugung
2.3.1	Wärme, siehe Heizung
2.3.2	Kälte
2.3.2.1	Kältemaschine, indirekt
2.3.2.1.1	Kompressions-Kälteanlagen
2.3.2.1.2	Absorptions-Kälteanlagen
2.3.2.2	Direktverdampfer Einzelgeräte
2.3.2.3	Rückkühlwerke
2.3.2.4	Erdsonden
3	Erwärmtes Trinkwasser
3.1	Nutzenübergabe
3.1.1	Armaturen
3.1.1.a	Absperr- und Drosselarmaturen
3.1.1.b	Entnahmearmaturen
3.1.1.c	Sicherungs- und Sicherheitsarmaturen
3.1.2	Rohrleitungen
3.1.2.a	Rohrleitungen für kaltes Trinkwasser
3.1.2.b	Rohrleitungen für warmes Trinkwasser bei günstigen Wasserverhältnissen bzw. sachgemäßer Aufbereitung
3.1.2.c	Rohrleitungen für warmes Trinkwasser bei ungünstigen Wasserverhältnissen bzw. ohne Aufbereitung
3.1.3	Wärmedämmung von Rohrleitungen
3.1.4	Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen
3.1.5	Pumpen
3.1.6	Dezentrale Trinkwassererwärmung
3.1.6.a	Elektronisch geregelter Durchlauferhitzer
3.1.6.b	Elektrischer Durchlauferhitzer
3.1.6.c	Elektrischer offener Speicher, 5 l bis 80 l
3.1.6.d	Elektrischer geschlossener Speicher
3.1.6.e	Speicher-Wassererwärmer mit Fremderwärmung
3.1.6.f	Gas-Durchlaufwasserheizer (DWH)
3.1.6.g	Gas-Vorratswasserheizer (VWH)
3.2	Verteilung
3.2.1	Heizwasser, siehe Heizung
3.3	Erzeugung
3.3.1	Wärmeerzeuger, siehe Heizung
3.3.2	Zentrale Trinkwassererwärmung
3.3.2.a	Trinkwasserspeicher

3.3.2.b	Durchlauferhitzer
3.3.3	Wasseraufbereitungsanlage
6	Gebäudeautomation
6.1	Nutzenübergabe
6.1.1	Stellgeräte
6.1.1.a	Regelventile, Hähne, Klappen
6.1.1.b	Jalousieklappenantriebe
6.1.1.c	Brandschutzklappenantriebe
6.1.1.d	Frequenzumformer
6.1.2	Sensoren
6.1.2.1	Messwertgeber (Temperatur, Feuchte, Druck, Sonstiges)
6.1.2.2	Kontaktgeber (Temperatur, Feuchte, Druck, Sonstiges)
6.1.2.3	Sicherheitsbegrenzer (Wächter für Temperatur, Feuchte, Druck, sonstige Überwachungseinrichtungen)
6.1.3	Feldverkabelung
6.1.3.1	Starkstromleitungen/-kabel
6.1.3.2	Kleinspannungsleitungen/-kabel
6.1.3.3	Busleitungen/-kabel
6.1.3.4	Pneumatiksysteme (Druckreduzierung, Filter, Trocknung)
6.2	Verteilung
6.2.1	Schaltschränke, Tableaus
6.2.1.1	Steuerungen
6.2.1.2	USV-Einrichtungen
6.2.1.3	Optimierungsgeräte
6.2.1.4	Regler
6.2.1.5	Schütze und Relais (Kontakte und Klemmen prüfen)
6.2.2	Datenübertragungseinrichtungen
6.2.2.1	Modems, Hubs, Router, Bridges
6.2.2.2	Datenfernübertragungseinrichtungen
6.2.2.3	Gateways
6.2.2.4	Multiplexer
6.2.2.5	Bussysteme (Leitungen, passive Bauteile)
6.2.2.6	Mitnutzung EDV-Netzwerk
6.3	Zentrale Datenverarbeitungseinrichtungen
6.3.1	Server
6.3.2	Datensichtgeräte
6.3.2 [sic!]	Eingabegeräte
6.3.3	Drucker
6.3.4	Archiv-Speicher (Backup-Restore)
6.3.5	Datenfernübertragungseinrichtungen
6.3.6	Software für Betriebssystem, Treiber und Datenbank
6.3.7	Software für Bedienung und Management
6.3.8	Software für Steuerung und Regelung
7	Aufzüge

B. Anhang zu Kapitel 3

B.1 Beispiele für Anforderungen an Bauwerksdokumentationen im Europäischen Ausland

In mehreren Staaten und einzelnen Regionen Europas wurde in den vergangenen Jahren das Problem der unzureichenden Dokumentation der materiellen Zusammensetzung von Bauwerken erkannt und Schritte zu deren Verbesserung unternommen. Im Folgenden werden einige ausgewählte Beispiele vorgestellt und analysiert. Diese Zusammenstellung ergänzt die im Abschnitt 3.3.7 angegebene Übersicht.

B.1.1 Frankreich

In Frankreich ist die Erstellung eines Materialinventars bei der Vorbereitung von Abrissarbeiten ab einer bestimmten Größe des Gebäudes gesetzlich vorgeschrieben. Der Ministerialerlass vom 19. Dezember 2011 (Secrétariat général du Gouvernement 2011) macht dazu allgemeine Angaben zur Vorgehensweise bei dessen Erstellung und zum Inhalt. So muss beim Rückbau dieser Bauwerke ein Inventar von Materialien, Bauprodukten und Ausstattungen erstellt werden, das detaillierte Angaben auch zu den Mengen enthält, verbaute Materialien im Gebäude verortet und darüber hinaus folgende Anforderungen hinsichtlich beizufügender Unterlagen erfüllt:

1. Dokumente und Dokumentationen
   a. Bereitstellungverfügbarer technischer und administrativer Dokumente, soweit sie für die Erstellung des Inventars nützlich sind;
   b. Dokumentation der Begehung und Vermessung vor Ort
2. Informationen über die Möglichkeiten der Wiederverwendung vor Ort und, falls dies nicht möglich ist, über Systeme zur Entsorgung von Abbruchabfällen, insbesondere auf der Grundlage von:
   a. Dokumente zur Planung des Umgangs mit Abfällen, insbesondere im Kontext der in Artikel L. 541-14-1 des Umweltgesetzbuches erwähnten Pläne bei öffentlichen Baustellen;
   b. Öffentlichen Datenbanken, in denen Einrichtungen der Abfallwirtschaft verzeichnet sind.
3. Qualifizierung und Quantifizierung der Materialien, die vor Ort wiederverwendet werden können, und, falls dies nicht möglich ist, der Materialien, die als Abbruchabfälle zu behandeln sind

Eine Vorlage für das Materialinventar wird in Annex 1 der gesetzlichen Anforderung zur Verfügung gestellt – siehe Tabelle 50.

Aus Sicht des Projekts KartAL IV ist insbesondere die Dokumentation der Materialmengen, der gefährlichen Stoffe und von Recyclingmöglichkeiten von Interesse. Allerdings handelt es sich um eine Vorgabe, die erst am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes greift. Nicht dargestellt wir, ob und wie auf Informationen aus der Planungsphase zugegriffen werden kann.

Tabelle 50 Vorlage für das Materialinventar (Frankreich)

			LOCALISATION des matériaux dans les bâtiments	QUANTITÉ		OBSERVATIONS concernant les opérations particulières à envisager lors de la démolition et les éventuelles possibilités de réemploi sur le site
				Unités (ml, m2, u)	Tonnes	
Matériaux ou déchets inertes (DI)	Mélanges bitumineux (sans goudron)					
	Terres (hors terre végétale) non polluées					
	Béton et pierre					
	Tuiles et briques (1)					
	Céramique (carrelage, faïence et sanitaires)					
	Verre sans menuiserie					
	Mélanges de DI listés ci-dessus sans DND (à détailler éventuellement en fin du présent tableau)					
	Autres déchets inertes (à détailler obligatoirement en fin du présent tableau) (5)					
Matériaux ou déchets non dangereux (DND)	plâtre	Plaques et carreaux				
		Enduit + support inerte				
		Complexes plâtre + isolant				
	Bois	Non traités				
		Faiblement adjuvantés				
	Fenêtres et autres ouvertures vitrées					
	Métaux (à détailler éventuellement en fin du présent tableau)					
	Plastiques (à détailler éventuellement selon type de plastiques; ex : PVC) (2)					
	Isolants	Laines minérales				
		Plastiques alvéolaires (PSE, XPS, PU) (2)				
		Autres				
	Complexe d'étanchéité sans goudron (à détailler éventuellement en fin du présent tableau)					
Matériaux ou déchets non dangereux (DND)	Revêtements de sols					
	DEEE (2) non dangereux (à détailler obligatoirement en fin du présent tableau)					
	Mélanges de DND listés ci-dessus					
	végétaux					
	Terre végétale					
	Autres DND (à détailler obligatoirement en fin du présent tableau) (5)					
Matériaux ou déchets	Amiante	Amiante lié à des matériaux inertes				
		Autres types d'amiante lié (3)				

dangereux (DD)		Amiante friable				
	Mélanges bitumineux contenant du goudron					
	Complexe d'étanchéité contenant du goudron					
	Peintures contenant des substances dangereuses (4)					
	Bois traités contenant des substances dangereuses					
	Équipements de chauffage, de climatisation ou frigorifiques contenant des fluides frigorigènes dangereux					
	Sources lumineuses (tubes fluorescents, néons, lampes à décharges, lampes à LED)					
	Autres DEEE (2) contenant des substances dangereuses (à détailler obligatoirement en fin du présent tableau) (5)					
	Terres contenant des substances dangereuses					
	Autres DD (à détailler obligatoirement en fin du présent tableau) (5)					

Quelle: Secrétariat général du Gouvernement 2011, Annex 1

B.1.2 Schweden

Für Schweden gelten die Anforderungen der „Resource and waste guidelines for construction and demolition“ (Boverket 2015), welche Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Baustoffen geben und eine effizientere Ressourcennutzung sowie ein effizientes Abfallmanagement zum Ziel haben. Die Leitlinien wurden 2007 durch den „Ecocycle Council for the Building Sector“ entwickelt und formuliert.

Im Jahr 2013 wurden sie angepasst und die Aufgabe der kontinuierlichen Aktualisierung der Anforderungen von der „Swedish Construction Federation“ (Fachverband für private Bauunternehmen und Arbeitgeber) übernommen.

Im Dezember 2015 hat das „National Board of Housing“ im Auftrag der schwedischen Regierung einen Bericht zum Nutzen, sowie zu möglichen Problemen eines nationalen Systems zur Dokumentation von verwendeten Bauprodukten erstellt. Dies geschah in Absprache mit der schwedischen Chemikalienagentur, dem schwedischen Gesundheitsamt, der schwedischen Verkehrsverwaltung und dem schwedischen Verkehrsamt.

Beschrieben werden darin die Verwendungsmöglichkeit sowie die Vor- und Nachteile eines Dokumentationssystems zur Speicherung der in Großgebäuden (Wohngebäude, Büros, Schulen, Pflegeeinrichtungen) verwendeten Materialien. Das Dokumentationssystem wird darin durchgängig als ‚Logbuch‘ („loggbok“) bezeichnet Dieses Logbuch soll zu einer breiteren Wissensbasis sowie einer verbesserten Rückverfolgbarkeit der im Gebäude verwendeten Materialien und Produkte führen. Ziel ist es auch, die Menge verbauter Materialien, von denen Gefahren ausgehen können, zu erfassen und zu dokumentieren. Dem Bericht zufolge ist der Ansatz eine Grundlage für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen, reduziert die schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt und fördert auf lange Sicht die Gesundheit.

Es werden auch mögliche Schwierigkeiten bei der Erstellung eines solchen Logbuches eingeräumt. Insbesondere sei es durch die lange Lebensdauer von Gebäuden schwer, die Informationen aktuell zu halten. Auch sei es schwierig, ökonomische Vorteile zu quantifizieren oder eine Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen.

Um Hemmnisse zu überwinden wird eine möglichst freie Gestaltung des Logbuches erlaubt. Das Ziel der Verbesserung der Dokumentation steht im Vordergrund.

Ein Vorschlag der Stadt Habo für die Gestaltung wird in Abbildung 78 vorgestellt.

Abbildung 78 Vorlage Materialinventar

HÅBO KOMMUN

Förslag till materialinventering inför rivning (underlag till rivningsplan)

Administrativa uppgifter

Fastighetsbeteckning:	
Adress:	
Byggherre:	E-post

Uppgifter om materialinventering

(Materialinventering syftar till att få kunskap om farliga ämnen, material och hantering av dessa)

Inventeringen har genomförts av:		
Kontaktperson:	Tfn:	Mobiltfn:
Inventeringen omfatta: ☐Hela byggnaden ☐Annat ange vad:		
Inventering har genomförts avseende alla typer av farliga ämnen och material ☐Ja ☐ Nej, ange material som inte omfattas:		

Farligt avfall – Farligt avfall innehåller ämnen som är skadliga för hälsan och miljö och skall separeras från annat avfall samt omhändertas på säkert och godkänt sätt.

Kvicksilver Kvicksilver förbjöds 1993 för försäljning i elektroniska komponenter

Lysrör	☐Ja	☐Nej		Termometrar	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Relä/brytare	☐Ja	☐Nej		Termostater	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Nivåvakt/givare	☐Ja	☐Nej		Vattenlås	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Avloppsledning	☐Ja	☐Nej		Övrigt	☐Ja	☐Nej	☐Osäker

Hantering:

Köldmedier (CFC m.fl.) För CFC i isolering är aktuella användningsår ca 1960 – 1995. Var observant på ev. till tilläggsisolering i samband med oljekrisen 1974. Tillverkning och påfyllning är förbjudet sedan 1995 respektive 1998.

Kylanläggning	☐Ja	☐Nej		Isolering PUR	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Värmepump	☐Ja	☐Nej		Isolering XPS	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Kylskåp/frysar	☐Ja	☐Nej		Drevisolering	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Luftkonditionering	☐Ja	☐Nej		Övrigt	☐Ja	☐Nej	☐Osäker

Laboratorieanalys avseende CFC i isolering har genomförts ☐Ja ☐Nej Resultat:

Hantering:

PCB användes som mest i byggsektorn mellan 1950-1960 talen. Förbud införda mellan 1973-1995.

Fogmassor	☐Ja	☐Nej		El-central	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Isolerrutor	☐Ja	☐Nej		Lysrörsarmaturer	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Akrydurgolv	☐Ja	☐Nej		Tvättmaskiner	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Oljebrännare	☐Ja	☐Nej		Övrigt:	☐Ja	☐Nej	☐Osäker

Laboratorieanalys avseende PCB har genomförts ☐Ja ☐Nej Resultat:

Hantering:

Asbest Förbud införda mellan 1973-1995, användes som mest under 1950-1960-talen.

Ventiler	☐Ja	☐Nej		Brandskydd	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Dörrisolering	☐Ja	☐Nej		Skivmaterial	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Rörisolering	☐Ja	☐Nej		Mattlim	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Ljudisolering	☐Ja	☐Nej		Kakel/klinkerfix	☐Ja	☐Nej	☐Osäker

Laboratorieanalys avseende asbest har genomförts ☐Ja ☐Nej Resultat:

Hantering:

Övriga typer av farligt avfall

Kemikalier	☐Ja	☐Nej		Tryckimpregnerat trä	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Oljerester	☐Ja	☐Nej		Batterier	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Asfalt med stenkolstjära	☐Ja	☐Nej		Tjärpapp med stenkolstjära	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Halonbrandsläckare	☐Ja	☐Nej		Föroreningar från verksamheten i byggnaden	☐Ja	☐Nej	☐Osäker
Brandvarnare	☐Ja	☐Nej		Föroreningar från verksamheten i mark	☐Ja	☐Nej	☐Osäker

Laboratorieanalys avseende föroreningar i mark har genomförts ☐Ja ☐Nej Resultat

Hantering:

Fortsetzung von Abbildung 78

Miljö- och hälsostörande avfall - Miljö- och hälsostörande avfall är inte klassat som farligt avfall men bör sorteras ut och hanteras separat beroende på dess miljö- och hälsostörande egenskaper.

Bly: Användes i byggnader dels som blyplåt men finns också inblandat i färger.					
Blydiktade avloppsrör	☐Ja	☐Nej	Fönster	☐Ja	☐Nej
Mantlade kablar	☐Ja	☐Nej	Takmaterial	☐Ja	☐Nej
Övrigt	☐Ja	☐Nej			
Hantering:					
Kadmium: Förbjöds 1982 i Sverige men kan fortfarande importeras. Användes som stabilisator och pigment i plaster i nyanser av gult, orange och rött.					
Plastmatta	☐Ja	☐Nej	Kakel, klinker	☐Ja	☐Nej
Plastprofiler	☐Ja	☐Nej	Våtrumstapeter	☐Ja	☐Nej
Övrigt	☐Ja	☐Nej			
Hantering:					
Övrigt miljö - och hälsostörande avfall					
Oljeavskiljare	☐Ja	☐Nej	Blåbetong	☐Ja	☐Nej
Oljetank	☐Ja	☐Nej	Övrigt:	☐Ja	☐Nej
Material med bromerande flamskyddsmedel				☐Ja	☐Nej
Hantering:					
Ohyra					
Virkesförstörande insekter	☐Ja	☐Nej	Hussvamp	☐Ja	☐Nej
Hantering:					

Elektriskt och elektroniskt avfall - Elektriskt och elektroniskt avfall innehåller ofta ämnen och material som är skadliga för miljön, därför skall de omhändertas separat och förbehandlas. Komponenter och material som angetts under farligt avfall eller under miljö och hälsostörande skall inte noteras nedan. T ex lysrörsarmaturer innehållande kvicksilver som har angetts under Farligt avfall kvicksilver.

Rökdetektorer	☐Ja	☐Nej
Lamparmatur	☐Ja	☐Nej
Hantering:		

Dokument som tillhör miljöinventeringen t.ex. fotografier på rivningsobjekt, besiktningsprotokoll och mottagningsbevis.

Beskriv hur övrigt avfall skall hanteras och fraktas t ex återanvändning av fönster och dörrar.

Underskrift - Byggherre/kvalitetsansvarig kan redovisa att material och avfall har hanterats enligt vad som angivits i denna plan och kan verifiera detta genom kvitton från t ex renhållningsentreprenörer.

Byggherre:	Telefon:
Byggherrens underskrift:	Ort och datum:

Quelle: Habo o.J.

Von Interesse ist hier insbesondere die Beschreibung des Vorhandenseins von Schadstoffen, die für Materialinventare einen Mehrwert darstellt.

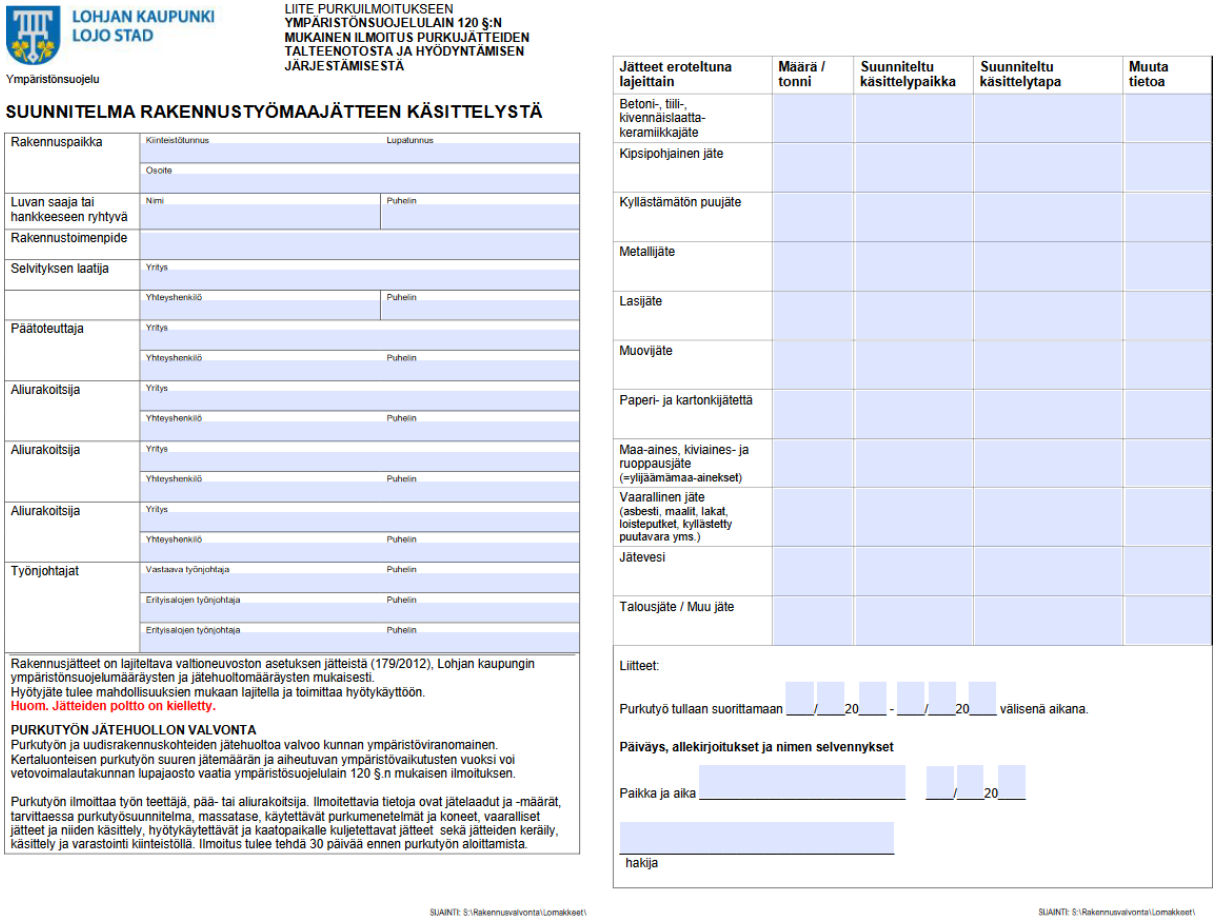
B.1.3 Finnland

In Finnland gilt ein „nationaler Abfallplan“ (Ympäristöministeriö 2018) der u.a. eine bessere Wiederverwendungsrate von Bauabfällen anstrebt.

Darüber hinaus existiert beispielsweise für die Stadt Lohja ein Bauabfallbehandlungsplan, anhand dessen die kommunale Umweltbehörde die Abfallentsorgung von Abbrucharbeiten und Baustellen

überwacht. Darin können u.a. die Mengen verschiedener Rückbauabfallfraktionen angegeben werden. Der Abfallbehandlungsplan der Stadt Lohja ist in Abbildung 79 zu sehen.

Abbildung 79 Abfallbehandlungsplan der Stadt Lohja



LOHJAN KAUPUNKI
LOJO STAD

Ympäristönsuojelu

LIITE PURKUILMOITUKSEEN
YMPÄRISTÖNSUOJELULAIN 120 §:N MUKAINEN ILMOITUS PURKUJÄTTEIDEN TALTEENOTOSTA JA HYÖDYNTÄMISEN JÄRJESTÄMISESTÄ

SUUNNITELMA RAKENNUSTYÖMAAJÄTTEEN KÄSITTELYSTÄ

Rakennuspaikka	Kiinteistötunnus	Lupatunnus
	Osoite	
Luvan saaja tai hankkeeseen ryhtyvä	Nimi	Puhelin
Rakennustoimenpide		
Selvityksen laatija	Yritys	
	Yhteyshenkilö	Puhelin
Päätoteuttaja	Yritys	
	Yhteyshenkilö	Puhelin
Aliurakoitsija	Yritys	
	Yhteyshenkilö	Puhelin
Aliurakoitsija	Yritys	
	Yhteyshenkilö	Puhelin
Aliurakoitsija	Yritys	
	Yhteyshenkilö	Puhelin
Työnjohtajat	Vastaava työnjohtaja	Puhelin
	Erityisalojen työnjohtaja	Puhelin
	Erityisalojen työnjohtaja	Puhelin

Rakennusjätteet on lajiteltava valtioneuvoston asetuksen jätteistä (179/2012), Lohjan kaupungin ympäristönsuojelumääräysten ja jätehuoltomääräysten mukaisesti.
Hyötyjäte tulee mahdollisuuksien mukaan lajitella ja toimittaa hyötykäyttöön.
Huom. Jätteiden poltto on kielletty.

PURKUTYÖN JÄTEHUOLLON VALVONTA
Purkutyön ja uudisrakennuskohteiden jätehuoltoa valvoo kunnan ympäristöviranomainen. Kertaluonteisen purkutyön suuren jätemäärän ja aiheutuvan ympäristövaikutusten vuoksi voi vetovoimalautakunnan lupajaosto vaatia ympäristösuojelulain 120 §.n mukaisen ilmoituksen.

Purkutyön ilmoittaa työn teettäjä, pää- tai aliurakoitsija. Ilmoitettavia tietoja ovat jätelaadut ja -määrät, tarvittaessa purkutyösuunnitelma, massatase, käytettävät purkumenetelmät ja koneet, vaaralliset jätteet ja niiden käsittely, hyötykäytettävät ja kaatopaikalle kuljetettavat jätteet sekä jätteiden keräily, käsittely ja varastointi kiinteistöllä. Ilmoitus tulee tehdä 30 päivää ennen purkutyön aloittamista.

SIJAINTI: S:\Rakennusvalvonta\Lomakkeet\

Jätteet eroteltuna lajeittain	Määrä / tonni	Suunniteltu käsittelypaikka	Suunniteltu käsittelytapa	Muuta tietoa
Betoni-, tiili-, kivennäislaatta-keramiikkajäte				
Kipsipohjainen jäte				
Kyllästämätön puujäte				
Metallijäte				
Lasijäte				
Muovijäte				
Paperi- ja kartonkijätettä				
Maa-aines, kiviaines- ja ruoppausjäte (=ylijäämämaa-ainekset)				
Vaarallinen jäte (asbesti, maalit, lakat, loisteputket, kyllästetty puutavara yms.)				
Jätevesi				
Talousjäte / Muu jäte				

Liitteet:

Purkutyö tullaan suorittamaan ___/___20___ - ___/___20___ välisenä aikana.

Päiväys, allekirjoitukset ja nimen selvennykset

Paikka ja aika _____ ___/___20___

_____
hakija

SIJAINTI: S:\Rakennusvalvonta\Lomakkeet\

Quelle: Lohjan Kaupungin 2018

B.1.4 Belgien

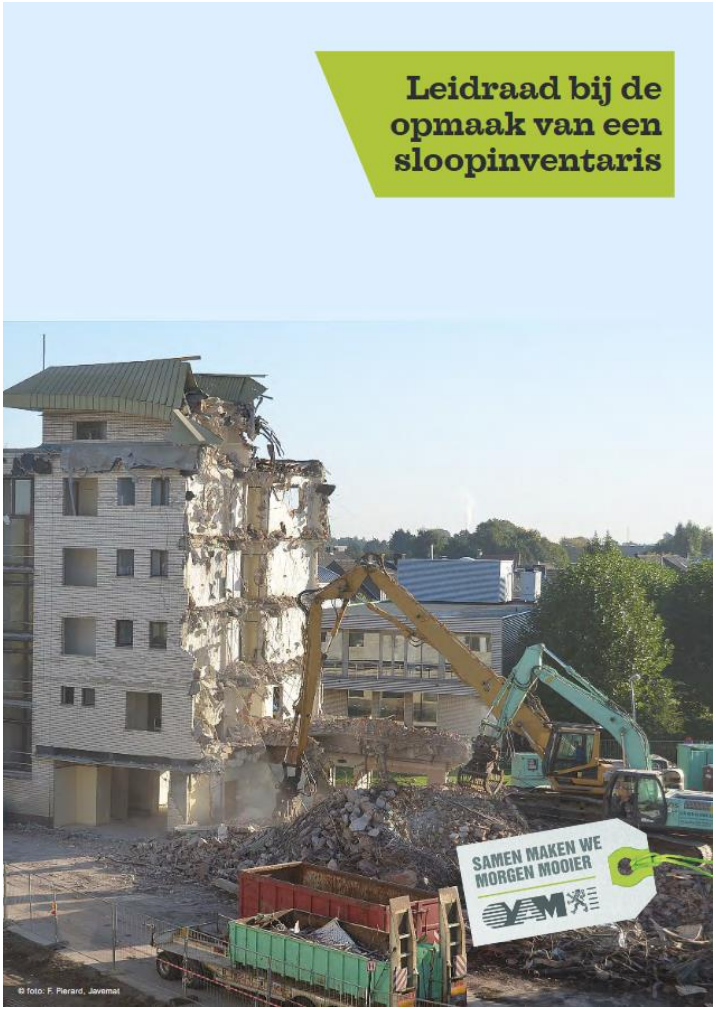
In Belgien ist die Erstellung eines Asbestinventars für alle Situationen, in denen Arbeitnehmer Asbest ausgesetzt sein können, obligatorisch. Dies bedeutet, dass im Prinzip für alle Gebäude und Anlagen, in denen Asbest verwendet wurde und in denen Menschen beschäftigt sind, bereits ein Asbestinventar vorliegen oder zur Vorbereitung des Rückbaus erstellt werden muss.

Für Nicht-Wohngebäude mit einem Volumen von mehr als 1.000 m^3 ist eine Bestandsaufnahme der Arten/Mengen der im Gebäude vorhandenen Materialien vor dem Rückbau verpflichtend. In der Region Flandern gilt darüber hinaus ein Leitfaden der öffentlichen Müllentsorgungsgesellschaft für die Erstellung und Nutzung eines Materialinventars (OVAM 2012). Dieses wird als ‚Abbruchinventar' bezeichnet und beinhaltet eine Liste aller Abfallstoffe, die bei geplanten Abbrucharbeiten zu erwarten sind. Das Inventar gibt nicht nur an, welche Materialien freigesetzt werden (nach Abfallkategorie), sondern enthält auch Informationen über die erwarteten Mengen und wo sie zu finden sind.

Die erfassten Mengen sollen vorzugsweise in Gewichtseinheiten (kg oder Tonnen) angegeben werden. Für einige Materialien (z.B. leichtes Dämmmaterial) soll bevorzugt das Volumen angegeben werden. Bei Bauteilen wie Leuchtstoffröhren erfolgt die Erfassung in Stück.

Abbildung 80 zeigt das Deckblatt des Leitfadens für die Erstellung eines Abbruchinventars.

Abbildung 80 Leitfaden für die Erstellung eines Abbruchinventars



Quelle: OVAM 2012

B.1.5 Spanien

Einem Gesetz (Boletín Oficial del Pais Vasco 2012) der Regionalregierung des Baskenlandes zur Regelung der Abfallentsorgung im Baskenland zufolge muss die Übergabe von Bau- und Abbruchabfällen durch den Besitzer an eine Verwaltungsgesellschaft in einem Dokument festgehalten werden, das mindestens die Identifizierung des Besitzers und des Erzeugers, die Herkunft der Abfälle und gegebenenfalls die Genehmigungsnummer der Baustelle enthält, darüber hinaus die Abfallmenge, ausgedrückt in Tonnen oder in Kubikmetern (oder, wenn möglich, beides), die Art der angelieferten Abfälle, kodiert gemäß dem europäischen Abfallverzeichnis und die Identifizierung der Person, die die Tätigkeiten am Bestimmungsort leitet. Daraus ergibt sich eine weitreichende Verpflichtung zur Dokumentation von Materialmengen bei Rückbaumaßnahmen zumindest in dieser Region. Dieser Verpflichtung wird dort jedoch anscheinend nicht nachgekommen (vgl. Wahlström et al. 2019, S. 80).

B.1.6 Luxemburg

Das luxemburgische Gesetz zur Abfallwirtschaft vom 21. März 2012 sieht vor, dass die Vermeidung, Wiederverwendung und das Recycling von Bau- und Abbruchabfällen gefördert werden soll. Eine möglichst sortenreine Trennung und Sammlung der verschiedenen Abfallfraktionen soll auf der Baustelle erreicht werden, ansonsten soll sie nachträglich erfolgen. Laut Artikel 26 des obengenannten Gesetzes zur Abfallwirtschaft muss außerdem beim Rückbau eines Gebäudes ein Inventar der anfallenden Baumaterialien erstellt und der Umweltverwaltung auf Anfrage vorgelegt werden.

Das luxemburgische Umweltministerium stellt eine Vorlage (Ministère de l'Environnement 2018) für ein solches Materialinventar und weiteres begleitendes Material (Anleitung und Muster, jeweils in Französisch und Deutsch) bereit, um die an der Planung, Durchführung und Dokumentation der Rückbauarbeiten beteiligten Akteure beim Erstellen eines Inventars der anfallenden Materialien und Abfälle zu unterstützen, damit diese ihre gesetzlichen Verpflichtungen möglichst effizient erfüllen können.

Abbildung 81 zeigt ein ausgefülltes Materialinventar für ein fiktives Beispiel.

Abbildung 81 Fiktives Beispiel für Materialinventar des Luxemburger Umweltministeriums

2. Materialinventar - Art und Menge der durch den Rückbau anfallenden Materialien - fiktives BEISPIEL (Auszug)									
Materialbezeichnung und Code	Materialbeschreibung (zum Beispiel genauere Angaben zum Bauteil)	Art des Materials (inert, nicht gefährlich, gefährlich)	Qualität des Materials	Standort im Gebäude (zur Maximierung der Effizienz und Sicherheit von Abbrucharbeiten) z.B. Untergeschosse, Obere Geschosswerke; Dach, Bewehrung	Mengen - angabe (in Tonnen)	Verunreinigung des Materials mit Schadstoffen (siehe auch Checkliste zur Schadstoff - untersuchung)	Wird das Material getrennt auf der Baustelle gesammelt?	Wie soll das Material gehandhabt werden? (z.B. Wiederverwendung, Recycling, thermische Verwertung, Beseitigung und/oder anderes)	Notizen, Hinweise, Links zu Fotos
Beton - 170101	Fundamente, Rohbau, Stahlbeton	inert	sortenrein	Untergeschoss, Rohbau, Innenwände	2000	nein	Ja	Recycling	-
Ziegelsteine/ Ziegelbruch - 170102	Ziegelsteine	inert	sortenrein	Gebäudeaußenwand	5	nein	Ja	Wiederverwendung	-
Fliesen & Keramik - 170103	Fliesen und Sanitäranlagen	inert	leicht vermischt	Sanitärräume in allen drei Stockwerken	2	nein	Ja	Recycling	-
Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 170106 fallen - 170107	Beton und inertes Material, das nicht von anderen inerten Baumaterialien wie z.B. Fliesen getrennt werden kann	inert	leicht vermischt	Innenwände	50	nein	Ja	Recycling	-
Asbesthaltige Baustoffe - 170605*	Asbestzement aus der Dacheindeckung	inert	sortenrein	Dacheindeckung	100	ja, mit Asbest	Ja	Entsorgung	-
Glas - 170202	Beschichtetes Glas, Fensterglas	inert	sortenrein	Erdgeschoss	8	nein	Ja	Recycling	-
Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 170801 fallen - 170802	Gipswände Typ BA13	nicht gefährlich	leicht vermischt	Innenwände im 2. und 3. Stockwerk	4	nein	Ja	Recycling	-
Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind - 170204*	Innentüren, Parkett, Holzbalken, Dachbalken	gefährlich	sortenrein	Innentüren im gesamten Gebäude, Dachkonstruktion	40	ja, behandelt mit Holzschutzmitteln	Ja	Wiederverwendung (Türen), thermische Verwertung für behandeltes Holz	-
Kunststoff - 170203	PVC aus Fensterrahmen, PVC-Türen, Netzschalter, Steckdosen, PVC-Fussbodenbeläge, Kabelkanäle	nicht gefährlich	sortenrein	Fenster, Steckdosen und Netzschalter im gesamten Gebäude	2	nein	Ja	Recycling	-
Bau- und Abbruchabfälle, die PCB enthalten (z.B. PCB-haltige Dichtmassen, PCB-haltige Bodenbeläge auf Harzbasis, PCB-haltige Isolierverglasungen, PCB-haltige Kondensatoren) - 170902*	PCB-haltige Anschlussfugen bei Fenstern, Fensterbänken und Türen	gefährlich	leicht vermischt	Im ganzen Gebäude	2	ja, mit PCB belastet	Ja	Entsorgung	-

Quelle: Ministère de l'Environnement 2018

B.1.7 Österreich

In der österreichischen ÖNORM B 3151 (2019) " Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode" werden die Elemente des Audits vor dem Rückbau sowie Anforderungen an Kontrollen danach beschrieben. Für jedes Rückbauprojekt mit einem geschätzten Abfallaufkommen von mehr als 750 Tonnen ist eine vorangehende Prüfung verpflichtend.

Auf Grundlage des Ergebnisses des Audits muss ein Konzept für den Rückbau entwickelt werden, das festlegt, wie und von wem alle untersuchten Materialien/Bauteile, die gefährliche Stoffe oder Verunreinigungen enthalten, entfernt werden müssen. Der Plan wird entweder von einem internen oder externen Experten beschrieben (Grenzwerte 750 Tonnen, 3.500 m^3) und muss Folgendes beinhalten:

- geschätzte Massen aus den Hauptkomponenten (Asphalt, Beton, Aushubmaterial, Holz, Metalle, usw.);
- Name des Abbruchunternehmens, das die Entfernung der relevanten Materialien oder Konstruktionsteile durchführt;
- Methoden für den Rückbau/Sondervorkehrungen (z.B. Asbestsanierung) - falls erforderlich.

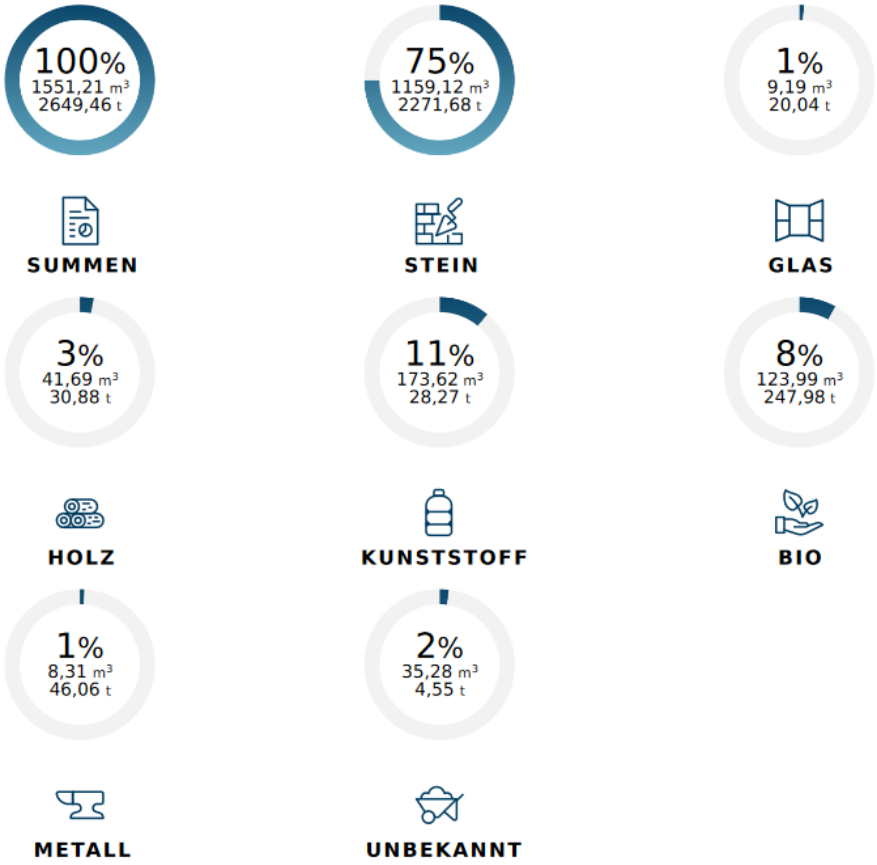
B.1.8 Niederlande

In den Niederlanden befindet sich derzeit eine im Rahmen des EU-Programms Horizon 2020 geförderte Plattform namens Madaster (vgl. Madaster Services 2020) im Aufbau, die es erlauben soll, alle Gebäude in den Niederlanden zu dokumentieren. Es soll auch möglich sein, Gebäude außerhalb der Niederlande zu registrieren, sofern diese von einer niederländischen juristischen Person (Registriert bei der Handelskammer) angemeldet werden. Die Plattform wird auch Nutzern in der Schweiz angeboten.

Die Plattform soll ein Online-Register für die in den Gebäuden verbauten Materialien und Produkte darstellen, deren Wiederverwendungspotenzial bewerten und automatisch Materialpässe für diese Gebäude erstellen. Außerdem können Dateien wie Bauzeichnungen, Zertifikate, Fotos, Wartungsverträge oder Handbücher im Sinne einer Dienstleistung gespeichert und verwaltet werden.

Abbildung 82 zeigt eine schematische Darstellung der materiellen Zusammensetzung eines fiktiven Gebäudes (Gesamt), Abbildung 83 eine tabellarische Darstellung der materiellen Zusammensetzung von dessen Tragkonstruktion.

Abbildung 82 Schematische Darstellung in Madaster



Quelle: Beeks 2020 S. 5

Abbildung 83 Darstellung der Tragkonstruktion eines fiktiven Gebäudes in Madaster

GROUND, SUBSTRUCTURE (1-)

STEIN	HOLZ	KUNSTSTOFF	METALL	PDF_UNKNOWN
16.12 (FUNDERINGSCONSTRUCTIES; VOETEN EN BALKEN, FUNDATIE BALKEN)				
171,82 m3 385,04 t	0 m3 0 t	7,61 m3 0,76 t	0 m3 0 t	3,04 m3 0,39 t

STRUCTURE PRIMARY ELEMENTS (2-)

STEIN	HOLZ	KUNSTSTOFF	METALL	PDF_UNKNOWN
22.21 (BINNENWANDEN; CONSTRUCTIEF, MASSIEVE WANDEN)				
34,25 m3 72,04 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t
23.21 (VLOEREN; CONSTRUCTIEF, VRIJDRAGENDE VLOEREN)				
381,13 m3 883,60 t	0 m3 0 t	60,40 m3 2,11 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t
27.21 (DAKEN; CONSTRUCTIEF, VLAKKE DAKEN)				
151,87 m3 178,56 t	0 m3 0 t	7,65 m3 8,80 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t
28.11 (HOOFDDRAAGCONSTRUCTIES; KOLOMMEN EN LIGGERS, KOLOM-/LIGGERCONSTRUCTIES)				
4,64 m3 11,13 t	2,32 m3 1,27 t	0 m3 0 t	0,29 m3 2,29 t	0 m3 0 t
21.22 (BUITENWANDEN; CONSTRUCTIEF, SPOUWWANDEN)				
127,48 m3 223,11 t	2,98 m3 1,37 t	90,70 m3 8,97 t	0 m3 0 t	31,16 m3 4,02 t
21.21 (BUITENWANDEN; CONSTRUCTIEF, MASSIEVE WANDEN)				
142,29 m3 327,26 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t	0 m3 0 t

Quelle: Beeks (2020) S. 9

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass

- sich gesetzliche Anforderungen überwiegend auf die Erstellung von Materialinventaren zur Vorbereitung von Rückbauarbeiten konzentrieren
- das Erfassen von Schadstoffen eine wichtige Rolle spielt
- vorrangig Möglichkeiten der Wiederverwendung vor Ort geprüft werden sollen
- kaum Bezüge zu in der Planung erzeugten Daten hergestellt werden

- sich erste Geschäftsmodelle etablieren, die eine lebenszyklusbegleitende Dokumentation der stofflichen Zusammensetzung garantieren, jedoch als Insellösung
- ein dringender Bedarf im Bereich der Formulierung von Anforderungen an Materialinventare inkl. der Vorgaben für Inhalt und Format besteht.

B.2 Ausgewählte Beispiele zum Thema Ressourceneffizienz bei Einzelbauwerken

Nachstehend werden Studien und weitere Veröffentlichungen, die sich mit dem Thema der Ressourceneffizienz im Baubereich beschäftigen, vorgestellt und analysiert. Insbesondere wird untersucht, ob und inwieweit sich Bezüge zur Thematik der Beschreibung einer stofflichen Zusammensetzung von Einzelbauwerken ergeben

B.2.1 VDI Kurzbericht

Bei dem vom VDI 2019 veröffentlichten Kurzbericht zum Thema „Rückbau im Hochbau – Aktuelle Praxis und Potenziale der Ressourcenschonung“ handelt es sich um das Ergebnis einer Recherche zu Rahmenbedingungen, Definitionen, Potenzialen, relevanten Projekten und dem Stand der Technik im Themenbereich Ressourceneffizienz. U. a. wird in der Kurzanalyse beschrieben, wie im Baubereich die Ressourceneffizienz verbessert werden kann. Möglich ist zunächst eine Verlängerung der Nutzungsphase durch Flexibilität, Anpassbarkeit, Umbaubarkeit und Umnutzbarkeit. Dies kann als die höchste Form einer Wieder- und Weiterverwendung betrachtet werden – die Weiternutzung des Bauwerks selbst. Ein Material-Inventar unterstützt hier die Umbauplanung. Des Weiteren werden in der Kurzanalyse eine recyclingfreundliche Baustoffauswahl, eine „einstoffliche“ Bauweise sowie eine Bevorzugung leicht lösbarer Verbindungen empfohlen. Dadurch soll im Rückbaufall die Weiternutzung von Bauteilen beziehungsweise das Recycling der ausgebauten Materialien erleichtert und so die Notwendigkeit der Entnahme neuer Rohstoffe vermieden bzw. vermindert werden. Der selektive Rückbau zur systematischen Rückgewinnung und Kreislaufführung von Material wird im Bericht am Beispiel von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) und von Gipskartonplatten betrachtet. In Bezug auf eine Rückgewinnung von Gips wird empfohlen, Gipskartonplattenbruch von anderen gipshaltigen Abfällen wie Gipsputz oder gipshaltigen Estrich getrennt zu sammeln.

Neben den Empfehlungen für eine ressourceneffiziente (Rück-)Baupraxis wird auf zahlreiche weitere Dokumente und Richtlinien verwiesen, die im Zusammenhang mit der Ressourceneffizienz in Baubereich relevant sind, darunter zum Beispiel die Publikation „Materialströme im Hochbau“ des BBSR (BBSR 2017), die Richtlinien VDI 4800 (VDI 2016a) und VDI 6210 (VDI 2016b), die Normen DIN 18007 (DIN 2000) und DIN 18459 (DIN 2016), die Bauproduktenverordnung (EU 2011), das Kreislaufwirtschaftsgesetz (2012), die Gewerbeabfallverordnung (2017) oder die EU-Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG (2008) sowie auch die Mitteilung M20 der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 2003) zur Frage der Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbaustoffen. Die seit vielen Jahren diskutierte Mantelverordnung wird eine Ersatzbaustoffverordnung enthalten, die dies zukünftig bundesweit einheitlich regeln soll.

Der Kurzbericht des VDI verweist auf Forschungsprojekte, die im Folgenden insbesondere hinsichtlich ihrer Zielstellungen kurz vorgestellt werden sollen.

- Zukunftshaus B10: Das Experiment aus dem Jahr 2014 bestand aus der Errichtung eines Plusenergiehauses, dessen Materialien sich beim Rückbau nach fünf Jahren sortenrein trennen und verwerten lassen sollten (HfWU 2018). Mittlerweile wurde das Gebäude im Ganzen versetzt und dient als Empfangsgebäude (Corts 2019)

- ReMoMaB – Rezyklierbare modulare massive Bauweise: Das Forschungsprojekt *„ReMoMaB – Rezyklierbare modulare massive Bauweise“* der Universität Dresden (Jäger et al. 2013) bestand in der Planung einer vollständig demontierbaren Massivkonstruktion aus verbundlos gefügten Kalksandstein-Planelementen. In einem Nachfolgeprojekt sollte auf Grundlage dieses ‚mörtellosen Mauerwerks' ein Musterhaus errichtet werden.

- Design2Eco: Im Forschungsprojekt *„Design2Eco“* des Lehrstuhls für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen der Technischen Universität München (Schneider-Marin et al. 2019) sollten Einsparpotenziale an Emissionen durch die Auswahl geeigneter Bauteile anhand von lebenszyklusbasierten Informationen identifiziert werden.

- Building Information Modeling (BIM) als Basis für den Umgang mit digitalen Informationen zur Optimierung von Stoffkreisläufen im Bauwesen: Das Forschungsprojekt: *„Building Information Modeling (BIM) als Basis für den Umgang mit digitalen Informationen zur Optimierung von Stoffkreisläufen im Bauwesen*“ (DBU 2019) hatte das Ziel, eine erweiterbare Software-Applikation namens *„RecycBIM*“ zu entwickeln und durch Praxispartner an realen Baustellen testen und validieren zu lassen. Das Programm soll die Integration von Materialinformationen für das Recycling in das BIM-Gebäudedatenmodell ermöglichen.

- RESSOURCE.WDVS: Das Forschungsprojekt: *„RESSOURCE.WDVS – Ressourceneffiziente Nutzung von qualitätsgesichertem Sekundär-EPS sowie der mineralischen Fraktionen aus WDVS*“ (FH Münster 2018) fokussiert sich auf Entsorgungs-/Verwertungsverfahren von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) entlang der gesamten Entsorgungs-/Verwertungskette zur effizienten Schadstoffentfrachtung und Nutzung der vorhandenen Ressourcenpotenziale

- Abbruch, Rückbau und Recycling von C^3-Bauteilen: Im Forschungsprojekt: *„Abbruch, Rückbau und Recycling von C^3-Bauteilen*“ der Technischen Universität Dresden (TU Dresden 2019) wurden potenzielle Gesundheitsrisiken und Probleme beim Rückbau und Recycling von Bauwerken mit Carbonbewehrung untersucht. Gemäß vorgestellter Erhebnisse kann der Rückbau von mit Carbonmatten und –stäben bewehrtem Beton gelingen und Carbonbewehrungen nahezu rückstandsfrei aus dem Carbonbeton herausgelöst werden. Der Befund dieser Einzelstudie wird insgesamt aber sehr kritisch diskutiert.

- Entwicklung und Anwendung von komplett demontierbaren Wohneinheiten aus ressourcenschonendem Beton: Im Forschungsprojekt: *„Entwicklung und Anwendung von komplett demontierbaren Wohneinheiten aus ressourcenschonendem Beton*“ (Jäger et al. 2020) der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg und der Technischen Universität Dresden sollten voll demontierbare und in einem vollständig geschlossenen Stoffkreislauf wiederverwendbare Wohneinheiten aus Recyclingbeton entwickelt werden.

B.2.2 Einfach Bauen 2

„Einfach Bauen 2 - Anwendung integraler Strategien für energieeffizientes, einfaches Bauen mit Holz, Leichtbeton und hochwärmedämmendem Mauerwerk in Pilotprojekten“ (Fraunhofer 2020) Das Forschungsprojekt, das in Garching drei ähnliche Studentenwohnhäuser aus unterschiedlichen Materialien als Pilotbauten errichten will, wird erst nach dem Ende des Projekts KartAL IV abgeschlossen werden. Ziel ist die Reduktion von Komplexität und Baukosten sowie die

Entwicklung nachhaltiger Konstruktionen und robuster Haustechnikkonzepte anhand von Langzeitmessungen und die Entwicklung eines Leitfadens.

B.2.3 Stoffstromorientierte Sekundärrohstoffwirtschaft

Das UBA-Projekt „*Ressourcenschonung durch eine stoffstromorientierte Sekundärrohstoffwirtschaft*“ (Steger et al. 2019) sollte den Beitrag der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Ressourcenschonung quantifizieren. Dabei wurde anhand von 30 Materialarten das gesamte Aufkommen an Sekundärrohstoffen und der damit verbundenen Stoffströme und Substitutionspotentiale erfasst. Dabei ist besonders Kapitel 6 für das Projekt KartAL IV von Interesse, da dieses eine detaillierte Darstellung der Stoffstrombilanzen und Verwertungswege der mineralischen Rohstoffe und insbesondere der Recycling-Gesteinskörnungen aus Bau- und Abbruchabfällen (6.1) beinhaltet. Ähnliches gilt gegebenenfalls auch für weitere Rohstoffe wie Eisen und Stahl (Kapitel 5.1) oder Altholz (Kap. 8).

B.2.4 Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Klimaneutralität

Die in der Veröffentlichung “Construction, deconstruction, reuse of the structural elements: the circular economy to reach zero carbon” von Bertin et al. (2019) vorgestellten Projektergebnisse erläutern den französischen Plan hin zu einer „100% circular economy. Eine gleichwertige Wiederverwendung wird darin als effizienter als das Recycling beschrieben, was insbesondere durch fehlende oder schlechte Bauteildokumentation verhindert werde, verbunden mit Haftungsrisiken. Diesen Hindernissen soll durch eine Verbesserung der Bauteildokumentation und insbesondere in Hinblick auf die Wiederverwendung (den „ReUse“) durch eine verstärkte Anwendung von BIM begegnet werden. Zur Verbesserung der Datenhaltung sollen dauerhaft lesbare, passive Chips oder Sensoren im Beton eingebracht werden (Stichwort: Internet der Dinge/RFID). Auf diese Weise könnte eine „materials bank“ geschaffen werden, also quasi eine Datenbank für Materialien bzw. Bauteile. Darüber hinaus sollen neue Gebäude zukünftig so konzipiert werden, dass Bauteile vielseitig einsetzbar sind: „avoid combined bending and axial load“. Die Autoren sprechen sich für eine Standardisierung von Bauteilen hin zu einem „Baukastenprinzip“ sowie für die Implementierung einer zentralisierten Datensammelstelle aus.

B.2.5 Zusammenfassung

Deutlich wird, dass Fragen der Verbesserung der Ressourceneffizienz Gegenstand intensiver Anstrengungen im Bereich der Forschung sind. Diese reichen von der Steigerung der Ressourcenproduktivität über Möglichkeiten der Bereitstellung qualitätsgeprüfter Sekundärrohstoffe bis hin zum testweisen Rückbau von Gebäuden. Diese Forschungsaktivitäten sind überwiegend technischer Natur. Beispiele mit unmittelbarem Bezug zur Analyse und Darstellung der in Bauwerken verbauten Materialien in Form von Materialauszügen im weitesten Sinne werden in nachstehenden Abschnitten vorgestellt.

B.3 Entwürfe von Materialinventaren

B.3.1 Materialinventar von Ingenieurbauwerken

Abbildung 84 Deckblatt des Materialinventars

Materialinventar für Ingenieurbauwerke

Erfassung der Materialmengen eines Ingenieurbauwerks nach Bauteilen zur Erprobung der Bauwerksdokumentation im Rahmen des Projekts "Kartierung des anthropogenen Lagers" (KartAL IV) für das Umweltbundesamt (UBA)

Entwurf

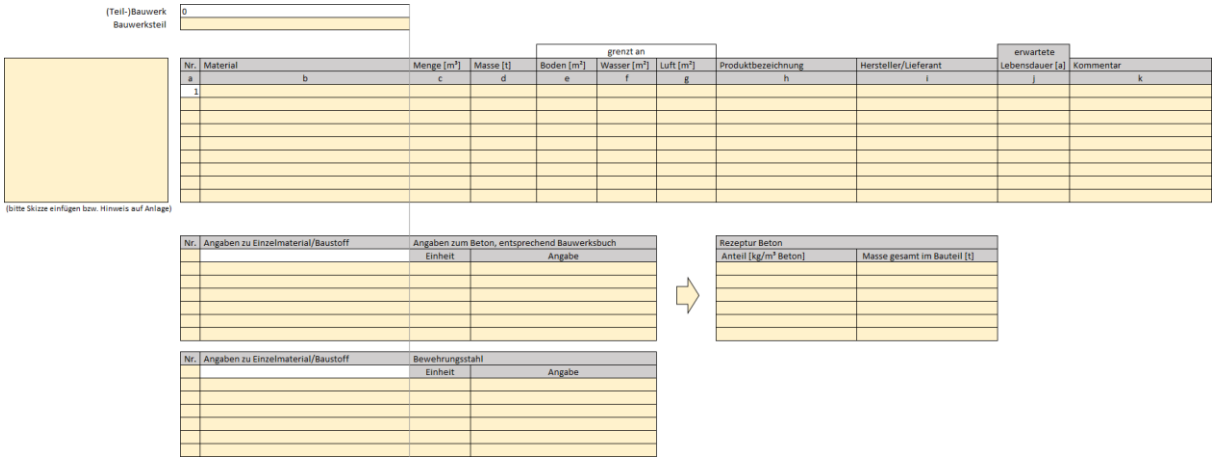
Prof. Dr.-Ing. Thomas Lützkendorf
Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (ÖÖW)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Die Erprobung erfolgt anhand des folgenden Bauwerks:

Bauwerksname	
Teilbauwerksname	
Bauwerksart	
Konstruktion	
Nächstgelegener Ort	
Verwaltung	
Bearbeiter	
für Rückfragen E-Mail-Adresse Telefonnummer	
Auftragnehmer	
Bearbeitungsdatum	

Die in Abbildung 85 und Abbildung 86 dargestellten Vorlagen sind für jedes Bauelement separat auszufüllen.

Abbildung 85 Vorlage zur Dokumentation der Schichten eines Bauelements



(Teil-)Bauwerk 0
Bauwerksteil

(bitte Skizze einfügen bzw. Hinweis auf Anlage)

Nr.	Material	Menge [m³]	Masse [t]	grenzt an Boden [m²]	grenzt an Wasser [m²]	grenzt an Luft [m²]	Produktbezeichnung	Hersteller/Lieferant	erwartete Lebensdauer [a]	Kommentar
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1										

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Angaben zum Beton, entsprechend Bauwerksbuch	
		Einheit	Angabe

Rezeptur Beton	
Anteil [kg/m³ Beton]	Masse gesamt im Bauteil [t]

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Bewehrungsstahl	
		Einheit	Angabe

Abbildung 86 Vorlage zur Dokumentation der Verbindung von Schichten

(Teil-)Bauwerk 0
Bauwerksteil

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

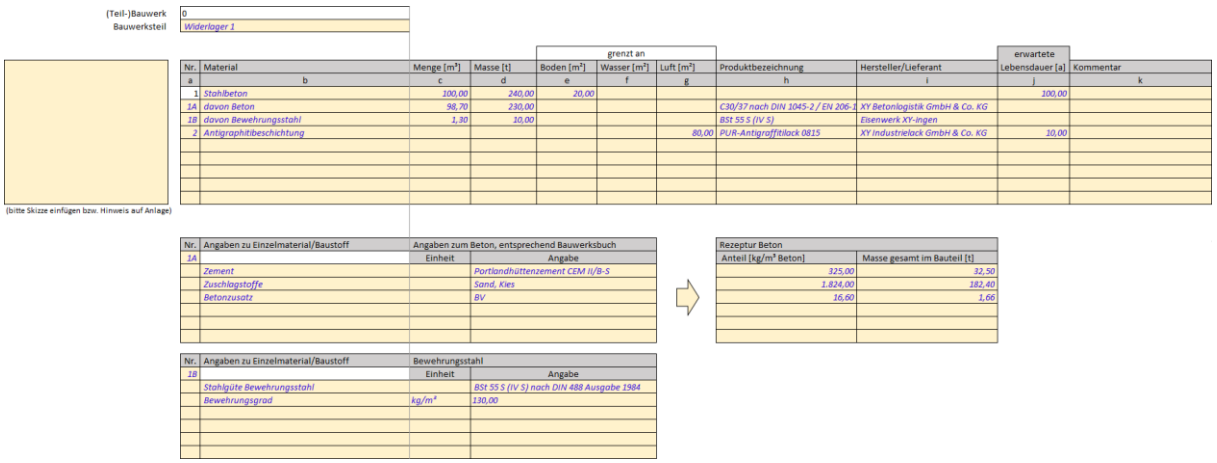
Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Abbildung 87 Ausfüllbeispiel der Dokumentation der Schichten eines Bauelements



(Teil-)Bauwerk 0
Bauwerksteil *Widerlager 1*

(bitte Skizze einfügen bzw. Hinweis auf Anlage)

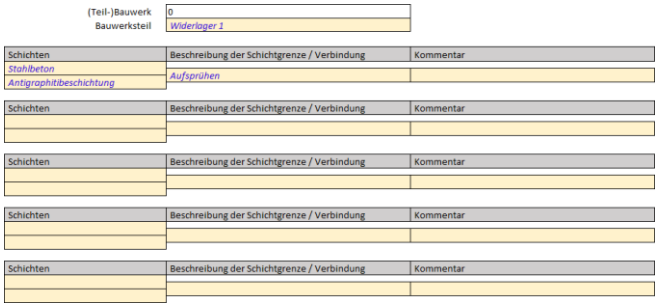
Nr.	Material	Menge [m³]	Masse [t]	grenzt an Boden [m²]	grenzt an Wasser [m²]	grenzt an Luft [m²]	Produktbezeichnung	Hersteller/Lieferant	erwartete Lebensdauer [a]	Kommentar
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	*Stahlbeton*	*100,00*	*240,00*	*20,00*					*100,00*	
1A	*davon Beton*	*98,70*	*230,00*				*C30/37 nach DIN 1045-2 / EN 206-1*	*XY Betonlogistik GmbH & Co. KG*		
1B	*davon Bewehrungsstahl*	*1,30*	*10,00*				*BSt 55 S (IV S)*	*Eisenwerk XY-ingen*		
2	*Antigraphitbeschichtung*					*80,00*	*PUR-Antigraffitilack 0815*	*XY Industrielack GmbH & Co. KG*	*10,00*	

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Angaben zum Beton, entsprechend Bauwerksbuch	
		Einheit	Angabe
1A			
	Zement		*Portlandhüttenzement CEM II/B-S*
	Zuschlagstoffe		*Sand, Kies*
	Betonzusatz		*BV*

Rezeptur Beton	
Anteil [kg/m³ Beton]	Masse gesamt im Bauteil [t]
325,00	*32,50*
1.824,00	*182,40*
16,60	*1,66*

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Bewehrungsstahl	
		Einheit	Angabe
1B			
	Stahlgüte Bewehrungsstahl		*BSt 55 S (IV S) nach DIN 488 Ausgabe 1984*
	Bewehrungsgrad	*kg/m³*	*130,00*

Abbildung 88 Ausfüllbeispiel der Dokumentation der Verbindung von Schichten



(Teil-)Bauwerk	0
Bauwerksteil	*Widerlager 1*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Stahlbeton		
Antigraphitbeschichtung	*Aufsprühen*	

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

B.3.2 Ausgefülltes Materialinventar für ein Ingenieurbauwerk

Abbildung 89 Ausgefülltes Deckblatt

Materialinventar für Ingenieurbauwerke

Erfassung der Materialmengen eines Ingenieurbauwerks nach Bauteilen zur Erprobung der Bauwerksdokumentation im Rahmen des Projekts "Kartierung des anthropogenen Lagers" (KartAL IV) für das Umweltbundesamt (UBA)

Entwurf

Prof. Dr.-Ing. Thomas Lützkendorf
Lehrstuhl Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (ÖÖW)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Die Erprobung erfolgt anhand des folgenden Bauwerks:

Bauwerksname	*A8 Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West*
Teilbauwerksname	*A8 Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West*
Bauwerksart	*Brücke*
Konstruktion	*Brücke*
Nächstgelegener Ort	*Pforzheim*
Verwaltung	*Regierungspräsidium Karlsruhe*
Bearbeiter	*D[redacted]*
für Rückfragen	
E-Mail-Adresse	*d[redacted]@[redacted]de*
Telefonnummer	*015[redacted]*
Auftragnehmer	*[redacted] GmbH*
Bearbeitungsdatum	*11.05.2020*

Abbildung 90 Ausgefüllte Vorlage für Schichtenaufbau von Bauteil 01

(Teil-)Bauwerk: AB Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West
Bauwerksteil: Widerlager

(bitte Skizze einfügen bzw. Hinweis auf Anlage)

Nr.	Material	Menge [m³]	Masse [t]	grenzt an Boden [m²]	grenzt an Wasser [m²]	grenzt an Luft [m²]	Produktbezeichnung	Hersteller/Lieferant	erwartete Lebensdauer [a]	Kommentar
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	Stahlbeton	65,00	156,00	80,00					100,00	
1A	davon Beton	64,00	153,60				C30/37 nach DIN 1045-2 / EN 206-1	[redacted] Beton GmbH u. Co KG		
1B	davon Bewehrungsstahl		5,55				B500 nach DIN 488	[redacted] KG		

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Angaben zum Beton, entsprechend Bauwerksbuch	
1A		Einheit	Angabe
	Zement		CEM II/A-LL42,5R
	Zuschlagstoffe		Sand, Kies
	Betonzusatz		BV

Rezeptur Beton	
Anteil [kg/m³ Beton]	Masse gesamt im Bauteil [t]
360,00	23,40
1.722,00	111,90
3,60	0,23

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Bewehrungsstahl	
1B		Einheit	Angabe
	Stahlgüte Bewehrungsstahl		B500 nach DIN 488
	Bewehrungsgrad	kg/m³	86,00

Abbildung 91 Ausgefüllte Vorlage für Schichtenaufbau von Bauteil 02

(Teil-)Bauwerk: AB Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West
Bauwerksteil: Lager

(bitte Skizze einfügen bzw. Hinweis auf Anlage)

Nr.	Material	Menge [m³]	Masse [t]	grenzt an Boden [m²]	grenzt an Wasser [m²]	grenzt an Luft [m²]	Produktbezeichnung	Hersteller/Lieferant	erwartete Lebensdauer [a]	Kommentar
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	Stahl (Kopfbolzendübel)		0,01				S235J2+C450 (EN 10025)	[redacted] GmbH	100,00	
2	Stahl (untere Ankerplatte)		0,01				S355 J2G+N (EN 10025)	[redacted] GmbH	100,00	
	Stahl (untere Lagerplatte)		0,02				S355 J2G+N (EN 10025)	[redacted] GmbH	100,00	
3	Stahl (Knagge)		0,01				S355 J2+N (EN 10025)	[redacted] GmbH	100,00	
	Stahl (obere Lagerplatte)		0,03				S355 J2+N (EN 10025)	[redacted] GmbH	100,00	
4	Dübelscheibe		0,01				S355	[redacted] GmbH	100,00	
5	Grundbeschichtung						Spritzverzink. Nach DIN EN 22063	[redacted] GmbH	25,00	
6	Zwischenbeschichtung						Epoxidharz-Eisenglimmer 687.13	[redacted] GmbH	25,00	
7	Deckbeschichtung					1,00	Epoxidharz-Eisenglimmer 687.74	[redacted] GmbH	25,00	

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Angaben zum Beton, entsprechend Bauwerksbuch	
		Einheit	Angabe

Rezeptur Beton	
Anteil [kg/m³ Beton]	Masse gesamt im Bauteil [t]

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Bewehrungsstahl	
		Einheit	Angabe

Abbildung 92 Ausgefüllte Vorlage der Verbindung von Schichten für Bauteil 02

(Teil-)Bauwerk: AB Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West
Bauwerksteil: Lager

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Grundbesch.(Spritzverzinkung) Zwischenbesch. (EP)	aufgetragen	

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Zwischenbesch. (EP) Deckbeschichtung. (EP)	aufgetragen	

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

Abbildung 93 Ausgefüllte Vorlage für Schichtenaufbau von Bauteil 03

(Teil-)Bauwerk: A8 Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West
Bauwerksteil: *Stahlüberbau inkl. Geländer*

(bitte Skizze einfügen bzw. Hinweis auf Anlage)

Nr.	Material	Menge [m³]	Masse [t]	grenzt an Boden [m²]	grenzt an Wasser [m²]	grenzt an Luft [m²]	Produktbezeichnung	Hersteller/Lieferant	erwartete Lebensdauer [a]	Kommentar
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	*Stahl*		*80,00*				*S355 J2+N*	[redacted] GmbH	*100,00*	
	Grundbeschichtung (EP-Zinkstaub)						*Epoxidharz-Zinkstaub 687.03*	[redacted] GmbH	*25,00*	
	Zwischenbeschichtung (EP)						*Epoxidharz-Eisenglimmer 687.13*	[redacted] GmbH	*25,00*	
	Deckbeschichtung					*400,00*	*Polyurethan-Eisenglimmer*	[redacted] GmbH	*25,00*	
	Grundbesch. (Feuerverzinkung) - Geländer						*Feuerverz. nach DIN EN ISO 1461*	[redacted] GmbH	*25,00*	
	Zwischenbeschichtung (EP) - Geländer						*Epoxidharz-Eisenglimmer 687.13*	[redacted] GmbH	*25,00*	
	Deckbeschichtung - Geländer					*50,00*	*Epoxidharz-Eisenglimmer*	[redacted] GmbH	*25,00*	

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Angaben zum Beton, entsprechend Bauwerksbuch	
		Einheit	Angabe

Rezeptur Beton	
Anteil [kg/m³ Beton]	Masse gesamt im Bauteil [t]

Nr.	Angaben zu Einzelmaterial/Baustoff	Bewehrungsstahl	
		Einheit	Angabe

Abbildung 94 Ausgefüllte Vorlage der Verbindung von Schichten für Bauteil 03

(Teil-)Bauwerk: A8 Ersatzneubau Geh- und Radwegbrücke bei PF West
Bauwerksteil: *Stahlüberbau und Geländer*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Grundbeschichtung (EP-Zinkstaub)		
Zwischenbeschichtung (EP)	*aufgetragen*	*Stahlüberbau*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Zwischenbeschichtung (EP)		
Deckbeschichtung (PUR)	*aufgetragen*	*Stahlüberbau*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Grundbesch. (Feuerverzinkung)		
Zwischenbeschichtung (EP)	*aufgetragen*	*Geländer*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar
Zwischenbeschichtung (EP)		
Deckbeschichtung (PUR)	*aufgetragen*	*Geländer*

Schichten	Beschreibung der Schichtgrenze / Verbindung	Kommentar

B.4 Steckbriefe

B.4.1 Akteurssteckbriefe

B.4.2 Anlasssteckbriefe

B.4.3 Instrumentensteckbriefe

B.4.1 Akteurssteckbriefe

Tabelle 51 Akteurssteckbrief Bauherr

Bauherr	**Ordnungsnr. Ak01**
Allgemeine Beschreibung des Akteurs	
„Im Baurecht gilt der Bauherr bei der Durchführung eines Bauvorhabens als wirtschaftlich und rechtlich verantwortlicher Auftraggeber. Beim Bauherrn kann es sich um eine natürliche Person oder eine juristische Person handeln. Er bereitet im eigenen Namen Bauvorhaben vor. Dies kann auf eigene oder auch auf fremde Rechnung erfolgen. Der Bauherr hat die Aufgabe, die nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften erforderlichen Anträge an die Bauaufsichtsbehörde weiter zu leiten. Hierzu gehören auch Vorlagen und Anzeigen. Allerdings kann der Bauherr diese Aufgaben einem Architekten oder Bauingenieur, dem sogenannten „Entwurfsverfasser“ übertragen. Es ist auch seine Aufgabe und sein Recht, in Abhängigkeit von den jeweiligen gesetzlichen Vorgaben, alle am Bau Beteiligten auszuwählen. Die betrifft die Bereiche der Planung, der Überwachung und des Ausführens.“ (Zitat: https://www.juraforum.de/lexikon/bauherr) Der Bauherr bestellt zur Vorbereitung, Überwachung und Ausführung eines genehmigungs- oder anzeigebedürftigen Bauvorhabens einen Entwurfsverfasser, einen Unternehmer und einen Bauleiter (§ 53 Musterbauordnung). Mit der Baustelle eröffnet der öffentliche eine Gefahrenquelle, für die er (neben den Verantwortlichkeiten von Unternehmer und Bauleiter) der Verkehrssicherungspflicht unterliegt.	

Spezifische Bezüge zu Materialfragen
Der Bauherr benötigt Angaben zu den Materialien und ihrer eventuellen Schadstoffbelastung in dem Gebäude/den Gebäuden, das/die sein Bauvorhaben umfasst, um seinen gesetzlichen Melde-/Nachweispflichten nachzukommen, z. B. im Rahmen eines Abrisses hinsichtlich entsorgter Abfallmaterialien bei der Errichtung eines Gebäudes Kenntnisse über die verbauten Materialien zu gewinnen, z. B. zur Auswahl nachhaltiger Baustoffe. Dabei muss der Bauherr i.d.R. nicht selbst über entsprechendes Expertenwissen verfügen, sondern bekommt die Daten von den von ihm ausgewählten anderen am Bau Beteiligten zugearbeitet.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen
Öffentlicher Bauherr	Als öffentlicher Bauherr werden öffentliche Gebietskörperschaften und andere juristische Personen und Verbände, die unter § 99 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) fallen, beziehungsweise deren offizielle Vertreter gesehen, die für ihre Organisation ein Bauwerk planen und errichten lassen. Der öffentliche Bauherr ist dabei der rechtlich und wirtschaftlich verantwortliche Auftraggeber bei der Durchführung von Bauvorhaben der öffentlichen Hand. Der öffentliche Bauherr ist im Gegensatz zum privaten Bauherren bei Ausschreibungen an die Bestimmungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (VOB/A) gebunden, u. a. ist er verpflichtet, den „wirtschaftlichsten“ Anbieter für die Durchführung des Auftrags auszuwählen.
Privater Bauherr, bzw. privater Bauherrin	Als privater Bauherr wird eine einzelne natürliche Person oder eine kleine Gruppe (z. B. ein Ehepaar) natürlicher Personen bezeichnet, die in eigenem Namen die Errichtung eines Bauwerks zur eigenen Nutzung vorbereiten. Dabei gilt der private Bauherr als wirtschaftlich und rechtlich verantwortlicher Auftraggeber. Der private Bauherr ist im Gegensatz zum öffentlichen Bauherren nicht an die Bestimmungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (VOB/A) gebunden und muss seine Aufträge nicht öffentlich ausschreiben, sondern kann den zuständigen Unternehmer eigenständig wählen.
Institutioneller Bauherr	Als institutioneller Bauherr wird ein Unternehmen oder ein Konsortium von Unternehmen der Privatwirtschaft (wie z. B. Versicherungen, Pensionskassen, Kreditinstitutionen, Immobilienfonds, aber auch kirchliche und karitative Einrichtungen) bezeichnet, das in eigenem Namen die Errichtung eines Bauwerks vorbereitet. Dabei gilt der institutionelle Bauherr als wirtschaftlich und rechtlich verantwortlicher Auftraggeber. Der institutionelle Bauherr ist im Gegensatz zum öffentlichen Bauherren nicht in jedem Fall an die Bestimmungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (VOB/A) gebunden und muss seine Aufträge meist nicht öffentlich ausschreiben, sondern kann den zuständigen Unternehmer eigenständig wählen.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (VOB/A, Stand 01.07.2016) §99 Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB, Stand 30.10.2017)

Bearbeiter/in (Version): *IL02, KM01*	Institut: *IÖR, KIT*

Tabelle 52 Akteurssteckbrief Architekt

Architekt	**Ordnungsnr. Ak30**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

"Architekt" ist in erster Linie eine Berufsbezeichnung für natürliche Personen, die als Repräsentanten verschiedenster Akteursgruppen und zu unterschiedlichen Anlässen innerhalb des gesamten Lebenszyklus von Bauwerken beteiligt sein können. Die Berufsbezeichnung des Architekten ist durch die jeweiligen Architektengesetze der Bundesländer geschützt. Um diese zu führen muss ein Architekt unter anderem ein entsprechendes Studium erfolgreich abgeschlossen haben, bereits über Berufspraxis verfügen und in die von der Architektenkammer des Bundeslandes geführte Architektenliste eingetragen sein.
Architekten können in verschiedenen Rollen und in allen Phasen des Lebenszyklus eines Bauwerks als Akteure im Sinne des Projekts auftreten. Dies betrifft insbesondere die Planung eines Bauwerks oder einer Baumaßnahme und deren Kosten, aber auch die Durchführung, Überwachung und Dokumentation der Baumaßnahme. Auch in späteren Lebenszyklusphasen wie Verwaltung und Betrieb oder beim Rückbau können Architekten beteiligt werden.
Die Beteiligung von Architekten ist oftmals auch von rechtlicher Seite geboten, beispielsweise müssen nach Musterbauordnung und entsprechend den Landesbauordnungen Bauvorlagen in vielen Fällen von einem Architekten oder ähnlichem bauvorlageberechtigten Entwurfsverfasser unterschrieben werden.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Architekt benötigt in Abhängigkeit seiner jeweiligen Rolle verschiedenste Informationen zu Materialien im Bauwerk, er ist jedoch meist hauptsächlich Verarbeiter und Bereitsteller von Informationen für andere Akteure.
Ist der Architekt beispielsweise mit der Planung eines Bauwerks oder einer Baumaßnahme (Umbau, Modernisierung, Rückbau) beauftragt, kann er als Entwurfsverfasser auftreten. Als solcher benötigt er einerseits Informationen über die Bauweise und die materielle Zusammensetzung des Bauwerks (oder bei Neubauplanung zumindest über den Zustand und etwaige Belastungen des Bauplatzes), schafft aber auch durch die Planung und deren Dokumentation neue Informationen. Da der Entwurfsverfasser auch für das „ordnungsgemäße Ineinandergreifen aller Fachplanungen" verantwortlich bleibt (§54 Musterbauordnung), nimmt er auch eine zentrale Rolle in der Akteurskonstellation ein. Der Planer ist auch verantwortlich für die Eignungsprüfung der verwendeten Baustoffe.
Ein Architekt kann auch als Bauleiter eingesetzt werden und hat in dieser Rolle unter anderem „darüber zu wachen, dass die Baumaßnahme entsprechend den öffentlich-rechtlichen Anforderungen durchgeführt wird und die dafür erforderlichen Weisungen zu erteilen. […] Der Bauleiter hat die Tätigkeit der Fachbauleiter und seine Tätigkeit aufeinander abzustimmen." (§56 MBO). Auch hier nimmt der Architekt eine zentrale Rolle in der Akteurskonstellation ein und generiert und dokumentiert neue Informationen über die materielle Zusammensetzung eines Bauwerks.
Weitere mögliche Rollen, die ein Architekt einnehmen kann, sind zum Beispiel die des Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinators (vgl. §2 Abs. 3 der Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen - Baustellenverordnung - BaustellV), Sonderfachmann, Nachhaltigkeitsauditor/-bewerter, Ersteller der Objektdokumentation oder Gutachter.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen
Entwurfsverfasser (Neubau)	Ein mit der Planung eines Bauwerks beauftragter Architekt benötigt Informationen über den Bauplatz und die materielle Zusammensetzung der geplanten Baumaterialien und schafft durch Planung und deren Dokumentation neue Informationen. Hinzu kommt eine zentrale Rolle in der Akteurskonstellation.
Entwurfsverfasser (Umbau, Modernisierung, Rückbau)	Zur Planung einer Umbau-, Modernisierungs- oder Rückbaumaßnahme benötigt der Architekt Informationen über die materielle Zusammensetzung und die Bauweise eines Bauwerks und schafft durch Planung und deren Dokumentation neue Informationen. Auch in diesem Fall spielt der Architekt eine zentrale Rolle in der Akteurskonstellation.
Bauleiter	Als Bauleiter koordiniert, überwacht und dokumentiert der Architekt die Durchführung der Baumaßnahme entsprechend den öffentlich-rechtlichen Anforderungen und erteilt Weisungen an die Fachbauleiter. Er nimmt dabei ebenfalls eine zentrale Rolle in der Akteurskonstellation ein und generiert und dokumentiert neue Informationen über die materielle Zusammensetzung eines Bauwerks.
Fachbauleiter	Als Fachbauleiter koordiniert, überwacht und dokumentiert der Architekt die Durchführung von Teilmaßnahmen entsprechend seines Gewerkes, wobei neue Informationen geschaffen und dokumentiert werden.
SiGe-Koordinator	Nach §3 der Baustellenverordnung ist unter bestimmten Umständen ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator für die Baustelle zu ernennen. Mit dieser Rolle kann auch ein Architekt betraut werden. In diesem Fall benötigt der Architekt Informationen über die Bauweise und materielle Zusammensetzung des Bauwerks, insbesondere aber über die in den Bauprodukten enthaltenen Schad- und Gefahrstoffen.
Sonderfachmann	Wird ein Architekt als Sonderfachmann eingesetzt, führt dieser die Teilmaßnahmen, mit denen er betraut ist, entsprechend seines Gewerkes aus. Dazu benötigt er gegebenenfalls Informationen über die Bauweise und materielle Zusammensetzung des Bauwerks; eventuell auch über die in den Bauprodukten enthaltenen Schad- und Gefahrstoffen. Teilweise werden auch neue Informationen geschaffen und dokumentiert.
Nachhaltigkeitsbewerter	Wird ein Architekt mit der Erstellung einer Ökobilanz oder einer Nachhaltigkeitsbewertung für ein Gebäude betraut, benötigt dieser, je nach angewandtem Bewertungssystem (z. B. BNB oder DGNB) verschiedenste Informationen in allen Kategorien zur materiellen Zusammensetzung des jeweiligen Bauwerks.
Ersteller der Objektdokumentation	Die Objektdokumentation ist ein wesentlicher Teil, der Leistungsphase acht der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI). Wird ein Architekt mit der Objektdokumentation beauftragt, benötigt er detaillierte Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerks. Da es sich dabei in aller Regel um denselben Architekten handeln dürfte, der bereits mit der Planung und Durchführung der Baumaßnahme betraut war, sind diese Informationen direkt verfügbar.
Gutachter	Wird ein Architekt als Gutachter beauftragt, benötigt er detaillierte Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerks und insbesondere den enthaltenen Schad- und Gefahrstoffen.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Musterbauordnung: https://www.jurion.de/gesetze/mbo/ Baustellenverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/baustellv/ Honorarordnung für Architekten und Ingenieure: https://www.gesetze-im-internet.de/hoai_2013/

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 53 Akteurssteckbrief Untere Baubehörde

Untere Baubehörde	**Ordnungsnr. Ak31**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Die Bauaufsichts-/Bauordnungsbehörden sind als Verwaltungsbehörden für die Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung auf dem Gebiet des öffentlichen Baurechts verantwortlich. Sie überwachen die Einhaltung der Vorschriften und Anordnungen bei der Errichtung, Nutzung, (Nutzungs-)Änderung, Instandhaltung und dem Rückbau von baulichen Anlagen durch Baugenehmigungs- und Bauordnungsverfahren (Bauordnungsrecht) nach der jeweiligen Landesbauordnung. Ist ein Bauvorhaben nicht genehmigungsfrei (verfahrensfrei), muss vor Errichtung, Umbau oder Nutzungsänderung eine Baugenehmigung vorliegen. Der Rückbau einer baulichen Anlage ist jedoch meist höchstens anzeigepflichtig.
Die Aufgabenzuteilung der Bauaufsichtsbehörde unterscheidet sich zwischen Bundesländern und kommunalen Strukturen: Teilweise sind Behörden der Bundesländer auf mehreren Verwaltungsebenen oder kommunalen Behörden verantwortlich. Dabei wird zwischen der unteren, oberen und obersten Bauaufsichtsbehörde unterschieden, wobei die unteren Bauaufsichtsbehörden für Baugenehmigungsverfahren zuständig sind und alle Bauvorhaben in ihrem Bereich überwachen.
Die oberste Bauaufsichtsbehörde als Fachministerium erlässt Rechts- und Verwaltungsvorschriften sowie technische Baubestimmungen und lässt neuartige Bauarten, Baustoffe und Bauteile etc. zu.
Die obere Bauaufsichtsbehörde (Bezirksregierungen, falls im Bundesland vorhanden) hat die Fachaufsicht über die unteren Bauaufsichtsbehörden.
In vielen Fällen sind Bauaufsichtsabteilungen innerhalb anderer Behörden wie z. B. Landratsämtern angesiedelt. Von den Bauaufsichtsbehörden zu unterscheiden sind die kommunalen Bauplanungsbehörden.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Aus einem Bauantrag (auf Erteilung einer Baugenehmigung) erhalten die (unteren) Baubehörden Informationen über den Bauherren, das Baugrundstück, eine Bezeichnung des Bauvorhabens, den (bauvorlageberechtigten) Entwurfsverfasser. Weitere Informationen ergeben sich aus den Anlagen:
Die Bauzeichnung, wie auch die dem Bauantrag beigefügten Berechnungen beinhaltet Informationen zur Geometrie des Bauwerks, auf deren Grundlage Schätzungen der Materialmengen anhand geeigneter Typvertretergebäude vorgenommen werden könnten.
Die Baubeschreibung unterstützt eine solche Schätzung mit der bauteilscharfen Benennung der (hauptsächlich) verwendeten Materialien und ggf. auch Baustoffeigenschaften (vgl. LBOAVO BW). Darüber hinaus dokumentiert diese auch nochmals den Bauherrn, das Grundstück, den umbauten Raum, die geplante Nutzung und die Kosten des Bauwerks. Gegebenenfalls sind auch technische Angaben über Feuerungsanlagen zu dokumentieren, in diesem Fall wären auch Rückschlüsse auf Teile der Haustechnik möglich.
Die unteren Baubehörden sammeln auch die statistischen Erhebungsbögen von den Bauherren ein und leiten diese an die zuständigen statistischen Landesämter weiter, melden zum Ende jedes Jahres den Bauzustand der bei ihr anhängigen Bauprojekte und melden auch die Fertigstellung der Bauwerke ans statistische Landesamt. Die statistischen Erhebungsbögen enthalten wenige, rudimentäre Informationen zur materiellen Zusammensetzung eines Bauwerks, bzw. fragen diese nach. Enthalten sind nur die Bauart (konventionell/Fertigbau), der Haustyp (Einzel-/Doppel-/Reihenhaus), der überwiegend verwendete Baustoff (Tragkonstruktion, z. B. Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, Stahl, …), die vorwiegende Art der Beheizung und die verwendete Energiequelle, Rauminhalt, Vollgeschosse, Wohn- und Nutzfläche und die Anzahl der Wohnungen.
Aus der Gebäudegeometrie ließe sich anhand geeigneter Typvertretergebäude eventuell eine grobe Schätzung der möglicherweise verwendeten Materialmengen berechnen. Die Art der Beheizung und Energiequelle lässt Rückschlüsse auf die technische Gebäudeausstattung zu. Allerdings ist zu erwarten, dass bis zum Ende des Bauwerkslebenszyklus die Gebäudetechnik bereits mehrfach ausgetauscht wurde. Informationsquellen aus der Planungsphase dürften also generell wenig hilfreich sein. In Hinblick auf aus Projektsicht relevante Daten wird im Falle des Erhebungsbogens für Abgänge sogar nur das Baujahr, die Fläche und die Anzahl der wegfallenden Wohneinheiten erhoben.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/ https://www.bauministerkonferenz.de/lbo/VTMB102.pdf http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/kf9/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/BauO_BW_2010.pdf http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/kfh/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/BauRVfV_BW.pdf http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/13tq/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/BauOAV_BW_2010.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 54 Akteurssteckbrief Verwalter/Facilitymanager

Verwalter/Facilitymanager	**Ordnungsnr. Ak32**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Der Facilitymanager ist für die Verwaltung, Bewirtschaftung und den langfristigen Erhalt von Gebäuden und deren technische Anlagen verantwortlich. Dazu gehören kaufmännische und technische Aufgaben, beispielsweise das Überwachen der Haustechnik, die Organisation und die Beauftragung von Dienstleistungen, die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für die Instandhaltung und gegebenenfalls Umbaumaßnahmen sowie das Beschaffungsmanagement für Ver- und Gebrauchsgüter wie zum Beispiel Energie(träger). Der Facilitymanager kann auch dafür verantwortlich sein, Verbesserungs- und Kostensenkungspotenziale zu ermitteln und umzusetzen.
Der Begriff „Facility-Management“ ist Gegenstand der DIN EN 15221-1.
Laut dieser Norm soll das „Facility Management genau auf das Leitbild und die Vision der Organisation und ihre Ziele abgestimmt sein. Entsprechend agiert das Facility Management auf den folgenden Ebenen: der strategischen, der taktischen und der operativen Ebene.“
Dabei ist die strategische Ebene auf die langfristigen Ziele des Unternehmens ausgerichtet und konzentriert sich auf die Gestaltung von Leit- und Richtlinien, Ausarbeitung von Risikoanalysen und Leistungsvereinbarungen (sog. Service Level Agreement – SLA), Überwachung der Leistungskennzahlen (sog. Key Performance Indicators – KPI) und die Beziehungen zu strategischen Partnern wie Behörden, Mietern, Pächtern, Verbänden usw.
Die taktische Ebene ist auf mittelfristige Ziele ausgerichtet und beinhaltet u. a. die Überwachung der Richtlinien, Gesetze und Vorschriften, die Entwicklung von Geschäftsplänen und Budgets; das Management von Projekten, Prozessen und Vereinbarungen und die Leitung des Facility Management-Teams und anderer Dienstleister.
Die operative Ebene betrifft das tagesaktuelle Umfeld für die Nutzer, z. B. das Erbringen und Überwachen von Dienstleistungsprozessen, Betrieb eines Help Desk/Service-Hotline, Sammeln und Dokumentation von Daten zu Dienstleistungen, Rückmeldungen und Nutzeranforderungen, und Berichtswesen und Kommunikation gegenüber den höheren Ebenen.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Facilitymanager operiert hauptsächlich während der Nutzungsphase eines Bauwerks und benötigt, schafft und dokumentiert unterschiedliche Informationen zu dessen materieller Zusammensetzung.
Auf der strategischen Ebene werden unter anderem Informationen über mögliche Belastungen durch Schad- oder Gefahrstoffe für die Risikoanalyse und die Kommunikation mit strategischen Partnern benötigt, Informationen zur Bauweise und Verortung von Materialien in Bauteilen können in Leistungsvereinbarungen eingehen.
Auf der taktischen Ebene werden Informationen zur materieller Zusammensetzung des Bauwerkes benötigt, um Projekte zu managen, die Einhaltung von Richtlinien, Gesetzen und Vorschriften zu überwachen und Berichtspflichten nachzukommen oder Zertifizierungen zu erhalten. Bei diesen Prozessen werden auch noch neue und Informationen generiert und dokumentiert.
Auf der operativen Ebene benötigt der Facilitymanager, bzw. die Dienstleister, die für ihn tätig werden, Informationen zur Bauweise und Verortung von Materialien in Bauteilen, um ihre Aufgaben zu erfüllen. Gleichzeitig werden auf dieser Ebene auch detaillierte Informationen zur materieller Zusammensetzung des Bauwerkes dokumentiert.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
DIN EN 15221-1: Facility Management – Teil 1: Begriffe, 01/2007

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 55 Akteurssteckbrief Eigentümer

Eigentümer	**Ordnungsnr. Ak33**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Als Eigentümer im Sinne des Projekts wird ein Akteur betrachtet, der durch Errichtung als Bauherr, durch Kauf, Erbschaft o.Ä. in den Besitz eines Bauwerks gelangt und ein langfristiges „umfassendes Herrschaftsrecht“ darüber hat.
Gelangt ein Akteur durch Erwerb in den Besitz eines bestehenden Bauwerks, wird er für die Dauer des Prozesses der Transaktion als „Erwerber“ betrachtet und gilt danach als Eigentümer.
Beim Eigentümer kann es sich um eine natürliche Person oder eine juristische Person, zum Beispiel eine öffentliche Institution, handeln. Der Eigentümer kann seine Immobilie selbst nutzen, vermieten, verpachten oder anderweitig zur Nutzung durch dritte zur Verfügung stellen (beispielsweise öffentliche Gebäude oder Infrastrukturbauwerke). Damit tritt der Eigentümer im Rahmen des Projekts KartAL IV hauptsächlich in der Nutzungsphase im Lebenszyklus eines Bauwerks in Erscheinung, insbesondere bei Transaktionen wie Kauf und Verkauf oder bei Maßnahmen wie Umbau oder Modernisierung. Die Rollen des Eigentümers und des Bauherrn können sich überschneiden oder ineinander übergehen.
Der Eigentümer ist wirtschaftlich und rechtlich für das Bauwerk verantwortlich.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Eigentümer benötigt aus vielfältigen Gründen Angaben zu den verwendeten Materialien und ihrer eventuellen Schadstoffbelastung in seinem Bauwerk, z. B. zur Organisation des Facilitymanagements oder im Rahmen der Planung von Umbau-, Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen oder im Falle eines Rückbaus.
Im Falle eines Erwerbs werden in der Regel Informationen über die materielle Zusammensetzung, insbesondere die Bauweise und mögliche Schadstoffbelastungen für Wertermittlung und Risikoanalyse benötigt, beziehungsweise im Falle eines Verkaufs bereitgestellt.
Dabei muss der Eigentümer i.d.R. nicht selbst über entsprechendes Expertenwissen verfügen, sondern bekommt die Daten von den von ihm beauftragten Experten zugearbeitet.

Die Akteursgruppe der Eigentümer ist einer der zentralen Ansprechpartner bei der Weiterentwicklung, Systematisierung und Etablierung einer detaillierten vereinheitlichten Bauwerksdokumentation, da diese Gruppe für die Pflege, Aufbewahrung und Zugänglichkeit der Dokumente verantwortlich wäre.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen
Eigentümer	Akteur, der durch Errichtung als Bauherr, durch Kauf, Erbschaft o.Ä. in den Besitz eines Bauwerks gelangt und ein langfristiges „umfassendes Herrschaftsrecht“ darüber hat.
Erwerber	Gelangt durch Erwerb in den Besitz eines bestehenden Bauwerks und gilt danach als Eigentümer.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 56 Akteurssteckbrief Banken/Investoren

Banken/Investoren	**Ordnungsnr. z. B. Ak34**

Allgemeine Beschreibung der Akteurs

Zur Finanzierung eines Bauvorhabens greifen Bauherren in der Regel auf Dritte zurück, die als Investoren oder Kreditgeber Mittel bereitstellen. Hierbei treten insbesondere Kreditinstitute wie Hypothenbanken, (Bau-)Sparkassen und private oder öffentliche Kreditbanken, aber auch Förderinstitute wie die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) auf.
Diese Akteursgruppe ist aus Projektsicht insbesondere deshalb von Interesse, weil sie zur Absicherung von Risiken vor der Gewährung von Krediten auf Informationen aus der Wertermittlung, Zertifizierung und Risikobewertung zurückgreift. Dafür beauftragen Banken z. B. Gutachter, die ihrerseits Informationen nachfragen. Auf diese Weise wird eine Informationsnachfragekette ausgelöst und es werden Informationen erhoben und dokumentiert. Dies ist einerseits als Informationsquelle im Sinne des Projekts, als auch als Informationsbedarf zu sehen, der eine Weiterentwicklung und Systematisierung der Bauwerksdokumentation nahelegt.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Kreditgeber wie Banken und andere Investoren haben in der Regel kein unmittelbares Interesse an der materiellen Zusammensetzung der durch sie finanzierten Bauwerke und Maßnahmen. Es ergibt sich jedoch ein mittelbares Interesse, da Akteure aus dieser Gruppe für die Entscheidung über die Kreditvergabe und die Bestimmung der Konditionen eine Einschätzung der Risiken benötigen, die mit der Immobilie verbunden sind. In eine solche Risikoanalyse können unter anderem auch Informationen zu (möglichen) Belastung mit Schad- oder Gefahrstoffen eingehen, beispielsweise wenn die Risikoanalyse anhand des Immobilienanalyseinstruments des Bundesverbands öffentlicher Banken Deutschlands (VÖB) durchgeführt wird.
Handelt es sich bei einem solchen Akteur um ein Förderinstitut (z. B. KfW) oder um eine Bank, die für dieses einen Förderkredit ausreicht und ist für die Förderung der Nachweis eines bestimmten Standards vorausgesetzt (wie beispielsweise KfW-Effizienzhaus), entsteht ein zusätzlicher mittelbarer Bedarf nach Informationen, die für den Nachweis des Standards notwendig sind.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen
Hypothenbanken	
(Bau-)Sparkassen	
Kreditbanken	
Förderinstitute	ggf. zusätzliches Interesse im Rahmen der Erreichung von Standards

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
KfW-Förderkredite: https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Bauen-(153)/ https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-(151-152)/ VÖB-Immobilienanalyse: https://www.voeb-service.de/fileadmin/user_upload/Fachpublikation_VOEB-Immobilienanalyse_September_2006.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 57 Akteurssteckbrief Ökobilanzierer/Nachhaltigkeitsbewerter

Ökobilanzierer/Nachhaltigkeitsbewerter	**Ordnungsnr. Ak35**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Ökobilanzierer und Nachhaltigkeitsbewerter analysieren und dokumentieren im Auftrag meist öffentlicher oder institutioneller Bauherren die Qualität von Bauwerken und Baumaßnahmen anhand unterschiedlicher Kategorien. Dabei wenden sie jeweils eines der etablierten Bewertungssysteme an, wie beispielsweise das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BNB), das Bewertungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB e.V.) oder andere, meist lokal und/oder thematisch begrenzte Systeme, wie das Umweltzeichen Hafencity Hamburg oder das Münchner Förderprogramm Energieeinsparung (FES).
Die Ökobilanz ist in der DIN EN ISO 14044 normiert.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Bei der Ökobilanzierung oder Nachhaltigkeitsbewertung wird eine Vielzahl von Informationen zur materiellen Zusammensetzung von Bauwerken benötigt, die praktisch das ganze Spektrum des Informationsbedarfes abdeckt, der im Rahmen des Projekts auf Bauwerksseite untersucht wird. Dadurch sind Ökobilanzierung oder Nachhaltigkeitsbewertung einerseits wichtige Datenquellen, begründen aber auch einen Bedarf nach einer systematischen und detaillierten Bauwerksdokumentation.
Ein Beispiel dafür ist das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB):
Dieses besteht aus zahlreichen ‚Kriterien' der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen, technischen und Prozessqualität sowie der Standortqualität, mit deren Hilfe die Nachhaltigkeit eines Bauwerks bewertet wird.
Zur Bewertung vieler dieser Kriterien sind verschiedenste Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerks nötig, beziehungsweise lässt die Dokumentation der Nachhaltigkeitsbewertung Rückschlüsse auf verschiedene Aspekte der materiellen Zusammensetzung des Bauwerks zu:
Die Kriterien 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5 und 1.1.6 beziehen sich beispielsweise auf die Ökobilanz des Bauwerks und zur Bewertung dieser Kriterien werden sowohl Informationen über Materialarten und –mengen, als auch deren Austauschzeitpunkte und Recyclingmöglichkeiten benötigt. Für die Bewertung der Umweltrisiken werden dabei auch Informationen zur Einbaulage der Materialien (Kontakt zu Boden, Wasser, Innen-/Außenluft, usw.) und Schadstoffbelastungen gebraucht.
Auch für das Kriterium der Lebenszykluskostenrechnung (2.1.1) werden Informationen über Materialarten und –mengen benötigt, meist aufgeteilt nach Kostengruppen.
Kriterium 4.1.4 thematisiert den Rückbau, auch hier sind Informationen zu Materialarten und –mengen und deren Einbauort gefragt, darüber hinaus werden die Art der Verbindung der Schichten, bzw. der zu erwartende Verschmutzungsgrad und Recyclingmöglichkeiten berücksichtigt.
Kriterium 5.1.3 betrifft die Planung, wofür ebenfalls Informationen zu Materialarten und –mengen und die damit verbundenen Recyclingmöglichkeiten einbezogen werden.
Auch für die Bewertung von Kriterium 5.1.5, das sich auf die Bewertung der Bewirtschaftung bezieht, können Informationen zu Materialarten und -mengen herangezogen werden.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
DIN EN ISO 14044:2006-10 Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB e.V.): https://www.dgnb.de/de/index.php https://www.hafencity.com/upload/files/listitems/Das_Umweltzeichen_HafenCity.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Klimaschutz_und_Energie/Energieeffizientes_Bauen/Foerderung_und_Qualitaet/FES/Antragsverfahren_Richtlinie.html https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:0e34157a-c789-438d-940b-4fd7edbfaec2/co2_bonus.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:879d365b-cad0-482c-9a6d-788ab1a68271/co2_bonus.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:bd604193-6b4a-4ea7-9e26-b1be61e86ab5/erklaerung_co2_bonus.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 58 Akteurssteckbrief Projektentwickler

Projektentwickler	**Ordnungsnr. Ak36**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Ein Projektentwickler im Sinne des Projekts KartAL IV ist ein institutioneller Akteur wie beispielsweise Projektgesellschaften oder Bauunternehmen oder eine natürliche Person, wie beispielsweise Eigentümer, Architekten und Makler als beratende Dienstleister, die größere Bauprojekte konzipieren, planen und durchführen. Dazu gehören alle Untersuchungen, Planungen und Entscheidungen, die zur Vorbereitung der Baumaßnahmen oder der Nutzung nötig sind, wie z. B. die Suche und der Erwerb geeigneter Grundstücke, deren Beplanung und Absicherung im Rahmen des geltenden Baurechts und die Finanzierung der geplanten Maßnahmen. Ein Projektentwickler zielt meist auf den Bau von schlüsselfertigen Bauten zum anschließenden Verkauf oder Betrieb ab.
Der Projektentwickler kombiniert somit die Faktoren Projektidee, Standort und Kapital.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

In der Regel befasst sich ein Projektentwickler mit neu zu errichtenden Bauwerken, hat also kein Interesse an der materiellen Zusammensetzung bestehender Bauten. Gegebenenfalls benötigt er aber Informationen über Belastungen möglicher Standorte mit Schad- oder Gefahrstoffen.
Wird er bei einer Maßnahme an einem bestehenden Gebäude tätig, dürfte er zumindest Bedarf an der Bauweise haben.

In jedem Fall fließt ein großes Informationsangebot bei diesem Akteur zusammen, da er die Schnittstelle zwischen verschiedensten Akteuren wie Planern, Architekten, Bauherren, Eigentümern, Maklern, Investoren usw. darstellt, sodass der Projektentwickler über eine breite Fülle von Informationen zur materiellen Zusammensetzung des fraglichen Bauwerks verfügt oder sich diese zumindest verschaffen könnte, wenn ein Anreiz dafür besteht.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 59 Akteurssteckbrief Bauunternehmen/Handwerksbetriebe

Bauunternehmen/Handwerksbetriebe	**Ordnungsnr. Ak37**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Bauunternehmen und Handwerksbetriebe stellen im Projektkontext die Auftragnehmer von Bauleistungen dar. Dabei wird für jedes Gewerk, beziehungsweise jede Gewerkegruppe ein Unternehmen/Handwerksbetrieb mit der dafür nötigen Fachkenntnis beauftragt.
Es kann auch eine Unterscheidung nach Fachunternehmern und Nachunternehmern getroffen werden. Zu den Fachunternehmen zählen dabei sowohl Handwerksbetriebe, die kleinere oder mittlere Aufträge im Rahmen ihrer Gewerke ausführen, als auch regionale und überregionale Bauunternehmen, die mehrere Gewerke abdecken und dabei andere Betriebe als Nachunternehmer einbeziehen. Als Nachunternehmer oder Subunternehmer werden deshalb ausführende Betriebe bezeichnet, die im Auftrag eines „Hauptunternehmers“ Bauleistungen erbringen, aber nicht vom Bauherren selbst beauftragt worden sind.
Der Musterbauordnung (MBO) zufolge ist „Jeder Unternehmer […] für die mit den öffentlich-rechtlichen Anforderungen übereinstimmende Ausführung der von ihm übernommenen Arbeiten und insoweit für die ordnungsgemäße Einrichtung und den sicheren Betrieb der Baustelle verantwortlich. Er hat die erforderlichen Nachweise über die Verwendbarkeit der verwendeten Bauprodukte und Bauarten zu erbringen und auf der Baustelle bereitzuhalten.“

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Da nach der Musterbauordnung und entsprechend den Landesbauordnungen (vgl. bspw. Teil 4 der LBO Baden-Württemberg) Bauunternehmen und Handwerksbetriebe die Verwendbarkeit der verwendeten Bauprodukte und Bauarten nachweisen müssen, haben diese neben der Bauweise des Bauwerks vor allem ein Interesse an der materiellen Zusammensetzung und insbesondere möglichen Belastungen der Bauprodukte. Diese Informationen können beispielsweise von den Bauproduktherstellern oder öffentlichen Verzeichnissen, wie z. B. WECOBIS bezogen werden.
Darüber hinaus haben Bauunternehmen Zugriff auf eine Fülle von detaillierten Informationen zur materiellen Zusammensetzung und zur Bauweise eines Bauwerkes und können als Informationsanbieter fungieren wenn standardisierte Dokumentationsmethoden und ausreichende Anreize vorliegen.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen
Bauunternehmen	(über)regionale Unternehmen, die mehrere Gewerke abdecken und gegebenenfalls selbstständig Nachunternehmer einbeziehen
Handwerksbetriebe	Kleinere, auf einzelne Gewerke spezialisierte Betriebe
Nach-/Subunternehmer	Auf einzelne Gewerke spezialisierte Betriebe im Auftrag eines Hauptunternehmers

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
§55 Musterbauordnung (MBO) https://www.jurion.de/gesetze/mbo/55/ Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) vierter Teil – Bauprodukte und Bauarten: http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&docid=jlr-BauOBW2010pG4&psml=bsbawueprod.psml&max=true Ökologisches Baustoffinformationssystem WECOBIS: https://www.wecobis.de/

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 60 Akteurssteckbrief (Bau-)Produkthersteller

(Bau-)Produkthersteller	**Ordnungsnr. Ak38**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Als Bauprodukthersteller im Sinne des Projekts KartAL IV werden alle Unternehmen bezeichnet, die Verbrauchsprodukte produzieren, die unmittelbar zur Errichtung von Bauwerken oder zur Herstellung von Fertighausbauteilen verwendet werden und zumindest teilweise oder in Rückständen dauerhaft im Bauwerk verbleiben. In der Regel bestehen Bauprodukte ihrerseits aus Gemischen oder Verbindungen verschiedener Materialien oder Stoffe, sowie Zusätzen oder Zuschlagstoffen.

Bauprodukthersteller kennen die detaillierte Zusammensetzung der durch sie in Verkehr gebrachten Baustoffe. Sie müssen diese auch teilweise dokumentieren und offenlegen, da sie verschiedenen Gesetzen zur Produkthaftung und Verkehrssicherungspflichten unterliegen.
Hier gilt unter anderem das Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG)
Insbesondere haften nicht nur Planer gegenüber Bauherren, es können auch Produkthersteller für zugesicherte Eigenschaften von Bauprodukten haften (vgl. z. B. die Entscheidung des Oberlandesgerichts Koblenz: Urteil vom 21.11.2003, Az.: 8 U 548/03; und die Bestätigung des Bundesgerichtshofs: Beschluss vom 23.9.2004, Az.: VII ZR 361/03). Gegebenenfalls erstreckt sich die Haftung sogar noch weiter (vgl. das Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom 16.06.2011, Az.: C65/09, Rn. 78).
Unter Umständen kann auch eine Schadensersatzpflicht nach §823 des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) begründet werden.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Bauprodukthersteller kennen die detaillierte Zusammensetzung ihrer Produkte und stehen damit am Anfang der Informationskette. Informationsnachfragen müssen letztendlich von dieser Seite bedient werden. Zur Systematisierung und Dokumentation können Hersteller Siegel und Zertifizierungen anstreben und Produktinformationen in Datenbanken hinterlegen. Eine systematische Gebäudedokumentation sollte neben detaillierten Materialinformationen auch die herstellerscharfe Dokumentation der verwendeten Bauprodukte beinhalten, um bei Bedarf auch nach Jahrzehnten die Verwendung einzelner Stoffe überprüfen zu können.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Produkthaftungsgesetz: https://www.gesetze-im-internet.de/prodhaftg/ Bürgerliches Gesetzbuch – Schadensersatzpflicht: https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__823.html OLG Koblenz: Urteil vom 21.11.2003, Az.: 8 U 548/03; Abruf-Nr. 043226 BGH: Beschluss vom 23.9.2004, Az.: VII ZR 361/03 EuGH: Urteil vom 16.06.2011, Az.: C65/09, Rn.: 78

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 61 Akteurssteckbrief Fertighaushersteller

Fertighaushersteller	**Ordnungsnr. Ak39**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Als Fertighaushersteller wird ein Unternehmen bezeichnet, das werkseitig vorgefertigte Häuser herstellt, die in Bauteile zerlegt an die jeweilige Baustelle geliefert und dort endmontiert werden.
Die ÖNORM B 2310 des Austrian Standards Institute definiert ein Fertighaus als „ein auf einem vorbereiteten Unterbau errichtetes Bauwerk aus vorgefertigten, geschoßhohen Großtafel-Wandelelementen, Raumzellen sowie aus vorgefertigten Decken- und Dachelementen, die in Produktionsstätten witterungsunabhängig hergestellt, auf die Baustelle transportiert und dort zusammengebaut werden.“ Die ÖNORM B 2310 betrifft Büro- und Wohngebäude (Ein- und Zweifamilienhäuser, Reihenhäuser, mehrgeschossige Wohnbauten) und öffentliche Gebäude wie Schulen und Kindergärten, aber nicht Bauwerke, die „mit nichtgeschoßhohen, jedoch vorgefertigten einzelnen tragenden Bauelementen errichtet werden, wie beispielsweise Häuser aus Ziegel-, Porenbeton-, Hohlblock- bzw. Mantelsteinen oder Holzblockhausbohlen“ oder einen bestimmten Mindestleistungsumfang verfehlen.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Fertighaushersteller kennen die materielle Zusammensetzung der von ihnen hergestellten Fertighäuser und könnten ohne großen Mehraufwand eine detaillierte Gebäudedokumentation bereitstellen, wenn ein einheitliches Dokumentationssystem vorliegt und ausreichende Anreize geschaffen werden. Gegebenenfalls müssen die Informationen bezüglich von anderen Unternehmen erstellter Gebäudeteile, wie Fundamenten oder Kellern, noch ergänzt werden.
Die Aufbewahrung und weitere Pflege der Bauwerksdokumentation könnte dann vom Eigentümer übernommen werden.
Fertighäuser bestehen meist aus anderen (leichteren) Materialien als Bauwerke in Massivbauweise, wie beispielsweise Holz oder Leichtbeton (z. B. Blähton). Insofern lässt bereits die Kenntnis der Bauweise erste Schlüsse auf die zu erwartende Lebensdauer und die enthaltenen Materialien zu.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
ÖNORM B 2310: 2009 05 01

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 62 Akteurssteckbrief Portfoliomanager

Portfoliomanager	**Ordnungsnr. Ak40**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Als Portfoliomanager im Sinne des Projekts KartAL IV wird ein Akteur bezeichnet, der einen Bestand von Immobilieninvestitionen zusammenstellt und verwaltet. Dabei orientiert er sich an den mit dem Investor vereinbarten Anlagekriterien, der erwarteten Marktentwicklung und möglichen Risiken. Als Investoren kommen dabei sowohl natürliche Personen als auch institutionelle Anleger bis hin zu großen Vermögensverwaltungsgesellschaften infrage.
Das verwaltete Portfolio kann dabei entweder nur einen Anteil Immobilien beinhalten oder, je nach Schwerpunkt, größtenteils oder vollständig aus Immobilieninvestments bestehen.
In der Regel nimmt der Portfoliomanager eine Risikostreuung vor, indem er in Objekte verschiedener Standorte, Objekttypen und Qualitätsstufen investiert und das Risikoprofil der individuellen Bauwerke berücksichtigt.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Portfoliomanager benötigt in erster Linie Informationen zum Risikoprofil der von ihm verwalteten Immobilien. In die Risikobewertung gehen unter anderem mögliche Belastungen durch Schad- und Gefahrstoffen ein, gegebenenfalls werden aber auch Baubeschreibungen und andere Quellen zur materiellen Zusammensetzung in die Analyse einbezogen.
Als Nachfrager von Risikobewertungen steht der Portfoliomanager damit am Anfang einer Informationskette.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 63 Akteurssteckbrief Wertermittler

Wertermittler	**Ordnungsnr. Ak41**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Ein Wertermittler im Sinne des Projekts KartAL IV ist ein fachkundiger Sachverständiger oder Gutachter, der den Marktwert, Beleihungswert, Verkehrswert oder Zeitwert von Immobilien durch geeignete Schätzverfahren ermittelt und Risiken aufzeigt.
Grundlage ist dabei die Immobilienwertermittlungsverordnung (ImmoWertV) und das Baugesetzbuch (BauGB).
Die gesetzlich normierten Verfahren sind das Vergleichswertverfahren, das Sachwertverfahren und das Ertragswertverfahren. Dabei wird das Vergleichsverfahren zur Ermittlung des Verkehrswertes auf Basis der Werte vergleichbarer Immobilien im Umfeld eingesetzt. Beim Sachwertverfahren wird der Verkehrswert aus den Herstellungskosten der Immobilie abgeleitet. Das Ertragswertverfahren basiert auf den mit der Immobilie zu erzielenden Renditen.
Eine möglichst genaue Immobilienwertermittlung wird beispielsweise beim Kauf oder Verkauf, bei Investitionen, bei der Versicherung, bei der Bestimmung der Beleihungsgrenze, der Bilanzierung, aber auch bei Erbschaftsstreitigkeiten oder Enteignungsverfahren (z. B. für städtebauliche Zwecke) benötigt.
Der Wertermittler muss dazu Informationen beschaffen, zum Beispiel aus Grundbüchern, Flurkarten, Kaufverträgen, Baubeschreibungen und Beleihungsunterlagen.
Gegebenenfalls muss ein Sachverständigen auch von Rechts wegen bestellt werden, beispielsweise muss nach §2314 Abs. 1 des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) ein Erbe gegenüber einem Pflichtteilsberechtigten auf Verlangen den Wert von Nachlassgegenständen schätzen lassen. Auch Kreditinstitute sind nach Art. 229 Abs. 1 der Kapitaladäquanzverordnung (Capital Requirements Regulation – CRR) der EU verpflichtet, bei Immobilienfinanzierungen das Beleihungsobjekt zur Bewertung der Sicherheiten durch einen unabhängigen Sachverständigen schätzen zu lassen.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Wertermittler benötigt in erster Linie Informationen zu Schad- und Gefahrstoffen zur Risikobewertung, bezieht aber auch Baubeschreibungen und andere Quellen zur materiellen Zusammensetzung in seine Analysen ein. Erfolgt die Wertermittlung nach Sachwertverfahren, benötigt der Wertermittler sogar noch detailliertere Informationen zur Bauart und den Mengen und Qualitäten der Materialien in einem Bauwerk zur Herleitung des Wertes aus den Herstellungskosten.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Immobilienwertermittlungsverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/immowertv/BJNR063900010.html Baugesetzbuch – Drittes Kapitel – Wertermittlung: https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BJNR003410960.html#BJNR003410960BJNG005204116 Auskunftspflicht des Erben: https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__2314.html

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 64 Akteurssteckbrief Fördereinrichtung

Fördereinrichtung	**Ordnungsnr. Ak42**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Bauherren können neben privaten Investoren und Kreditinstituten wie Hypothenbanken, (Bau-) Sparkassen und privaten oder öffentlichen Kreditbanken auch Kredite oder Fördermittel von Förderinstituten wie der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) beantragen, um ihre Bauvorhabens ganz oder teilweise zu finanzieren. In der Regel ist die Förderungswürdigkeit von Bedingungen abhängig, die die Fördereinrichtung entsprechend ihrer Zielsetzung vorgibt und meist soziale oder ökologische Maßnahmen betrifft.
Die tatsächliche Vergabe und die laufende Verwaltung der individuellen Kredite erfolgt oft über Geschäftsbanken, wie beispielsweise private Banken, Volksbanken und Sparkassen.
Aus Projektsicht sind Fördereinrichtungen und mit diesen kooperierenden Banken insbesondere deshalb von Interesse, weil sie zur Absicherung von Risiken vor der Gewährung von Krediten auf Informationen aus der Wertermittlung, Zertifizierung und Risikobewertung zurückgreifen. Dafür beauftragen sie z. B. Gutachter, die ihrerseits Informationen nachfragen. Auf diese Weise wird eine Informationsnachfragekette ausgelöst und es werden Informationen erhoben und dokumentiert. Dies ist einerseits als Informationsquelle im Sinne des Projekts, als auch als Informationsbedarf zu sehen, der eine Weiterentwicklung und Systematisierung der Bauwerksdokumentation nahelegt.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Fördereinrichtungen haben in der Regel kein unmittelbares Interesse an der materiellen Zusammensetzung der durch sie finanzierten Bauwerke und Maßnahmen. Es ergibt sich jedoch ein mittelbares Interesse, da Akteure aus dieser Gruppe für die Entscheidung über die Kreditvergabe und die Bestimmung der Konditionen eine Einschätzung der Risiken benötigen, die mit der Immobilie verbunden sind. In eine solche Risikoanalyse können unter anderem auch Informationen zu (möglichen) Belastung mit Schad- oder Gefahrstoffen eingehen, beispielsweise wenn die Risikoanalyse anhand des Immobilienanalyseinstruments des Bundesverbands öffentlicher Banken Deutschlands (VÖB) durchgeführt wird.
Ist für die Förderung, beziehungsweise den Förderkredit der Nachweis eines bestimmten Standards vorausgesetzt (wie beispielsweise KfW-Effizienzhaus), entsteht ein zusätzlicher mittelbarer Bedarf nach Informationen, die für den Nachweis des Standards notwendig sind.
Betrifft die Förderung die Haustechnik, beispielsweise die Wärmeerzeugung bei einer Maßnahme aus dem Programm „Heizen mit Erneuerbaren Energien“ des Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), lassen sich aus der Dokumentation gegebenenfalls Informationen zur Lebensdauer und den verwendeten Produkten entnehmen.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
KfW-Förderkredite: https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Bauen-(153)/ https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-(151-152)/ BAFA-Förderung: http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/heizen_mit_erneuerbaren_energien_node.html VÖB-Immobilienanalyse: https://www.voeb-service.de/fileadmin/user_upload/Fachpublikation_VOEB-Immobilienanalyse_September_2006.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 65 Akteurssteckbrief Versicherer

Versicherer	**Ordnungsnr. Ak43**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Als Versicherer wird ein Akteur bezeichnet, der als Partei eines Versicherungsvertrages dem Versicherungsnehmer Versicherungsschutz gewährt.
In der BRD muss es sich bei einem Versicherer notwendigerweise um ein Unternehmen in der Rechtsform einer Aktiengesellschaft, eines Versicherungsvereins auf Gegenseitigkeit (VVaG) oder einer Anstalt beziehungsweise Körperschaft des öffentlichen Rechts handeln.
Das Gesetz über die Beaufsichtigung der Versicherungsunternehmen (Versicherungsaufsichtsgesetz – VAG) reguliert die Kontrolle der Versicherungsunternehmen, wie zum Beispiel Zulassung, Geschäftsbetrieb, Rechtsformen, Kapitalanlagen und Aufsicht. Die dafür zuständige Aufsichtsbehörde ist die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin), das zuständige Fachministerium ist das Bundesministerium für Finanzen.
Im Projektkontext sind vor allem Anbieter von Gebäudeversicherungen von Interesse. Andere Versicherungsarten, wie z. B. Hausratversicherungen sind nur relevant, wenn sie in Zusammenhang mit der materiellen Zusammensetzung von Bauwerken stehen.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Versicherer hat nur ein indirektes Interesse an Informationen zur materiellen Zusammensetzung eines Bauwerkes, nämlich insofern diese sich auf dessen Risikoprofil auswirken. In jedem Fall benötigt er Informationen zu den (Rest-)Nutzungsdauern der Bauteile, der Bauweise des Bauwerks und möglicherweise enthaltenen Schadstoffen und gegebenenfalls auch zu den verwendeten Materialarten.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Versicherungsaufsichtsgesetz (VAG) – https://www.gesetze-im-internet.de/vag_2016/

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 66 Akteurssteckbrief Due-Diligence-Spezialist

Due-Diligence-Spezialist	**Ordnungsnr. Ak44**

Allgemeine Beschreibung des Akteurs

Ein Due-Diligence-Spezialist ist meist ein Steuerberater, Anwalt, Wirtschaftsprüfer oder ähnlicher Dienstleister, der – in der Regel auf Veranlassung des Käufers einer Immobilie – eine sorgfältige Prüfung der Stärken und Schwächen des Objekts sowie der entsprechenden Risiken vornimmt. Due Diligence kann dabei als die „im Verkehr gebotene Sorgfalt“ verstanden werden und spielt eine wichtige Rolle für die Wertermittlung des Objekts.
Unterschieden wird die „Technical Due Diligence“, bei der der technische Zustand von Bauwerken und baulichen Anlagen analysiert wird, insbesondere zur Bewertung des Instandhaltungs- und Instandsetzungszustands und des Modernisierungspotenzial. Das „Environmental Due Diligence“ dagegen bewertet die Umweltqualität des Standortes eines Bauwerkes und der baulichen Anlagen. Neben möglichen Altlasten werden (Boden-)Belastungen in der Bausubstanz oder aus der Nutzung untersucht, die beispielsweise aus dem Betrieb von Tankstellen oder chemischen Reinigungen stammen können. Gegebenenfalls wird auch die Energieeffizienz des Bauwerks analysiert.

Spezifische Bezüge zu Materialfragen

Der Due-Diligence-Spezialist hat nur ein indirektes Interesse an Informationen zur materiellen Zusammensetzung eines Bauwerkes, nämlich insofern diese sich auf dessen Stärken, Schwächen und das Risikoprofil auswirken. In jedem Fall benötigt er Informationen zu den (Rest-)Nutzungsdauern der Bauteile, der Bauweise des Bauwerks und möglicherweise enthaltenen Schadstoffen und gegebenenfalls auch zu den verwendeten Materialarten.

Teilgruppen und ihre Besonderheiten (sofern zutreffend)	
Teilgruppe	Erläuterungen
Technical Due Diligence	Beim Technical Due Diligence wird der technische Zustand von Bauwerken und baulichen Anlagen, insbesondere zur Bewertung des Instandhaltungs- und Instandsetzungszustands und des Modernisierungspotenzial untersucht.
Environmental Due Diligence	Das Environmental Due Diligence bewertet die Umweltqualität des Standortes eines Bauwerkes und der baulichen Anlagen. Neben möglichen Altlasten werden (Boden-)Belastungen in der Bausubstanz oder aus der Nutzung untersucht, die beispielsweise aus dem Betrieb von Tankstellen oder chemischen Reinigungen stammen können. Gegebenenfalls wird auch die Energieeffizienz des Bauwerks analysiert.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

B.4.2 Anlasssteckbriefe

Tabelle 67 Anlasssteckbrief Risikoanalyse bei Kreditantrag

Risikoanalyse bei Kreditantrag	**Ordnungsnr. AB30**

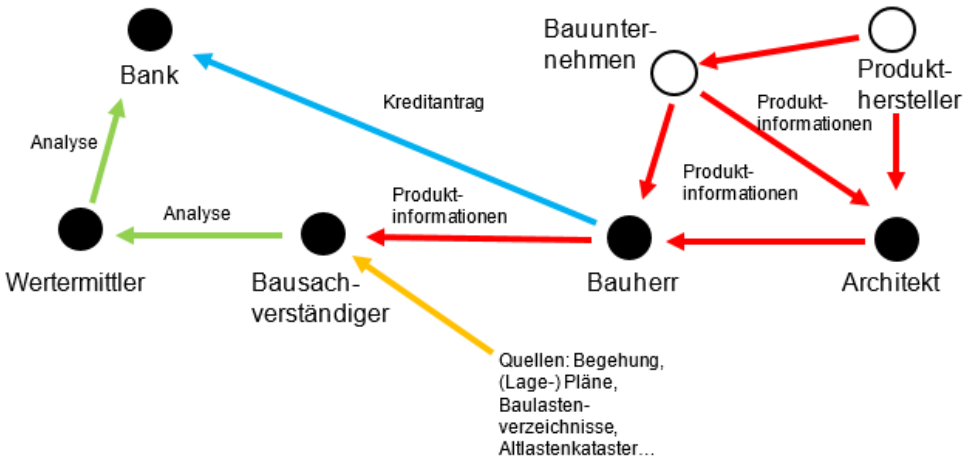
Beschreibung des Anlasses

Dieser Anlass tritt auf, wenn ein Grundstücks- oder Gebäudebesitzer, (institutioneller) Bauherr o.ä. Akteur einen Kreditantrag bei einem Kreditgeber (z. B. Bank) stellt und dieser eine Risikoanalyse einfordert. Je nach gewähltem Instrument (z. B. VÖB-Immobilienanalyse) wird dann ein Wertermittler eingeschaltet, der seinerseits eine Analyse anfordert oder direkt ein Bausachverständiger eingeschaltet. Dieser bezieht Informationen aus einer Begehung der Immobilie, allgemeinen gebietsbezogenen Informationen (Pläne, Kataster) oder spezifischen Quellen. Teilweise werden auch Informationen vom Bauherrn angefordert.
Falls diese Informationen dem Bauherrn nicht im gewünschten Detaillierungsgrad vorliegen, delegiert dieser sie an seinen Architekten, der möglicherweise wiederum Informationen über die verarbeiteten Produkte von den Herstellern oder vom Bauunternehmen einholen muss, das seinerseits Informationen von den Bauproduktherstellern erhält.

Materialbezug

Von verbauten Bau- und Hilfsstoffen können möglicherweise Risiken für die Werthaltigkeit und Wertentwicklung einer Immobilie ausgehen, insbesondere wenn es sich um Schad- oder Gefahrstoffe handelt. Deshalb werden diese bei Risikoanalysen für potentielle Kreditgeber ebenfalls in Betracht gezogen. Ein Wertermittler fragt für die Risikoanalyse also Informationen zur stofflichen Zusammensetzung nach, die dann möglicherweise auch in der Dokumentation der Risikoanalyse hinterlegt sind.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☒	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
VÖB-ImmobilienAnalyse	IR30
Zertifizierungen, Ratings	IB40

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Wertermittler	Ak41
Bauherr	Ak01
Eigentümer	Ak33
Due-Diligence-Spezialist	Ak44
Banken/Investoren	Ak34
Fördereinrichtung	Ak42
Versicherer	Ak43

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 68 Anlasssteckbrief Finanzierung/Beleihung

Finanzierung/Beleihung	**Ordnungsnr. AB31**

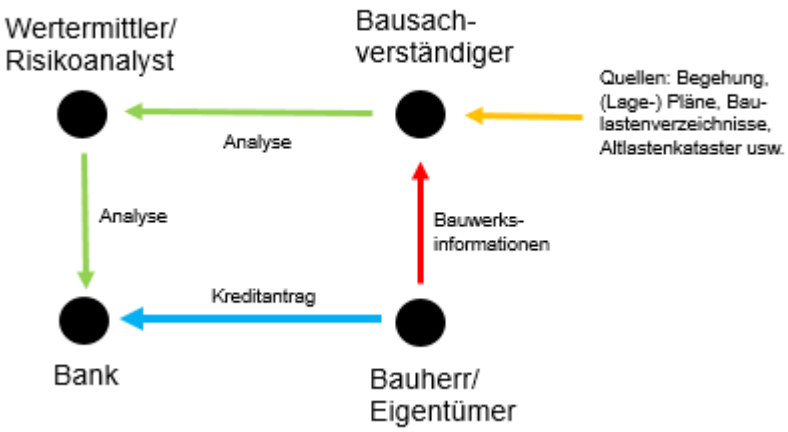
Beschreibung des Anlasses

Eine Beleihung kann unter anderem dann nötig werden, wenn der/die Gebäudeeigentümer oder potenzielle Käufer sich einem hohen Finanzierungsbedarf gegenübersehen, insbesondere im Falle von Neubau, Umbau, Modernisierung oder wenn eine Immobilie gekauft werden soll. Die wichtigsten hierbei beteiligten Akteure sind Eigentümer, Käufer und Kreditgeber und Dienstleister in deren Auftrag. In Bezug zur materiellen Beschaffenheit von Bauwerken sind in solchen Zusammenhängen solche Informationen relevant, die für die Wertermittlung wichtig sind oder ein Risiko für den Immobilienwert darstellen, wie z. B. Kontaminationen mit Schadstoffen oder Gefahrstoffe.

Materialbezug

Kreditgeber wie Banken und andere Investoren haben in der Regel kein unmittelbares Interesse an der materiellen Zusammensetzung der durch sie finanzierten Bauwerke und Maßnahmen. Es ergibt sich jedoch ein mittelbares Interesse, da Akteure aus dieser Gruppe für die Entscheidung über die Kreditvergabe und die Bestimmung der Konditionen eine Einschätzung der Risiken benötigen, die mit der Immobilie verbunden sind. In eine solche Risikoanalyse können unter anderem auch Informationen zu (möglichen) Belastung mit Schad- oder Gefahrstoffen eingehen, beispielsweise wenn die Risikoanalyse anhand des Immobilienanalyseinstruments des Bundesverbands öffentlicher Banken Deutschlands (VÖB) durchgeführt wird.
Handelt es sich bei einem solchen Akteur um ein Förderinstitut (z. B. KfW) oder um eine Bank, die für dieses einen Förderkredit ausreicht und ist für die Förderung der Nachweis eines bestimmten Standards vorausgesetzt (wie beispielsweise KfW-Effizienzhaus), entsteht ein zusätzlicher mittelbarer Bedarf nach Informationen, die für den Nachweis des Standards notwendig sind.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☒	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
VÖB-ImmobilienAnalyse	IB30
Due-Diligence-Reports/Risikobewertung	IB41

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Eigentümer	Ak33
Bauherr	Ak01
Wertermittler	Ak41
Banken/Investoren	Ak34
Due Diligence-Spezialist/Risikoanalyst	Ak44
Fördereinrichtung	Ak42

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 69 Anlasssteckbrief Neubau-/Umbau-/Modernisierungsplanung

Neubau-/Umbau-/Modernisierungsplanung	**Ordnungsnr. AB32**

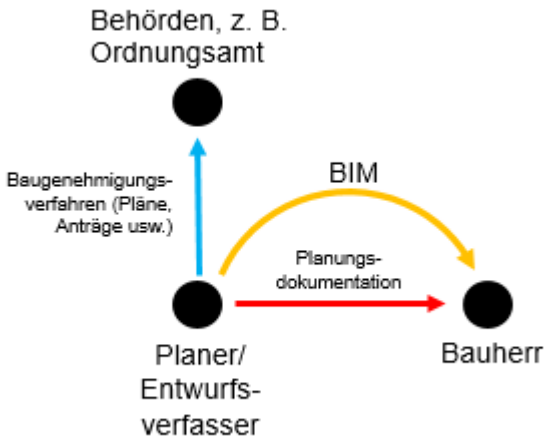
Beschreibung des Anlasses

Die Planung eines Neubaus löst zahlreiche Prozesse in der Organisation, in der Planung der Maßnahme, ihrer Finanzierung und in Bezug auf Genehmigungen und Zertifizierungen aus. Im Rahmen dieser Vorgänge entstehen verschiedene Informationen, beziehungsweise diese werden nachgefragt, verarbeitet oder dokumentiert. Außerdem werden an den Vorgängen, die durch die Planung ausgelöst werden, unterschiedlichste Akteure, bzw. Akteursgruppen miteinbezogen. Ähnliches gilt für die Planung eines Umbaus, Rückbaus oder einer Modernisierung.
Die Veranlassung für die Planung eines Neu- oder Umbaus ist nicht Teil des Projekts, die Gründe für Modernisierung und Rückbau werden nur insofern einbezogen als sie in der Lebensdauer von Bauwerken oder ihrer Bauteile verursacht sind oder Rückschlüsse auf diese zulassen.
Der Neubauplanung kann auch ein (Architekten-)Wettbewerb um den Entwurf vorausgehen.

Materialbezug

Als Entwurfsverfasser wird üblicherweise ein Architekt beauftragt, der die Planung eines Bauwerks oder einer Baumaßnahme (Umbau, Modernisierung) durchführt. Als solcher benötigt der Architekt einerseits Informationen über die Bauweise und die materielle Zusammensetzung des Bauwerks (oder bei Neubauplanung zumindest über den Zustand und etwaige Belastungen des Bauplatzes), schafft aber auch durch die Planung und deren Dokumentation neue Informationen. Da der Entwurfsverfasser auch für das „ordnungsgemäße Ineinandergreifen aller Fachplanungen“ verantwortlich bleibt (§54 Musterbauordnung), nimmt er auch eine zentrale Rolle in der Akteurskonstellation ein. Der Planer/ Entwurfsverfasser ist auch verantwortlich für die Eignungsprüfung der verwendeten Baustoffe und für die Unterlagen für die Dokumente für das Baugenehmigungsverfahren (Kenntnisgabe, Baubeschreibung, Bauzeichnung, Pläne, Antrag, Bautätigkeitsstatistik usw.
Gegebenenfalls erfolgt die Planung auch bereits in Hinblick auf eine angestrebte Nachhaltigkeitsbewertung oder Zertifizierung des Neubaus und der Nutzung/Betrieb.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☒	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
Bauzeichnung, Bestands-/Revisionspläne	IB35
Baugenehmigung, Bauvorbescheid	IB38
(Muster-)Baubeschreibung	IB45
Bautätigkeitsstatistik	IB47
Bauantrag, Bauvoranfrage	IB37
Building Information Modelling (BIM)	IB36
Ausführungs-/Architektenpläne	IB33
Übergabedokumentation/Grundstücksakte	IB34

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Architekt	Ak30
Bauherr	Ak01
Eigentümer	Ak33

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 70 Anlasssteckbrief Neubau/Umbau/Abriss

Neubau/Umbau/Abriss	**Ordnungsnr. AB33**

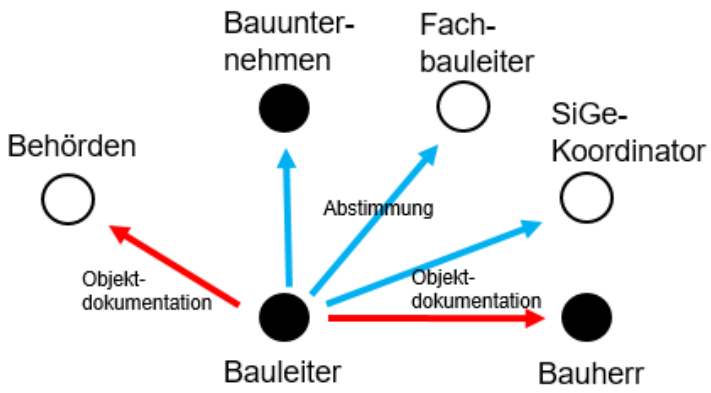
Beschreibung des Anlasses

Auf die Planung eines Neubaus, Umbaus, Rückbaus oder einer Modernisierung folgt, wenn alle Genehmigungsverfahren durchlaufen sind und die Finanzierung geklärt ist, die Durchführung der Maßnahme. Auch in diesem Fall sind zahlreiche Akteure bzw. Akteursgruppen Teil der Akteurskonstellation und es entstehen Informationen, die insbesondere aus der Sicht des Projektes KartAL IV besonders wertvoll sind. Gerade während der Durchführung von Baumaßnahmen (oder Abrissen) können sehr spezifische Daten zu den verbauten Materialmengen und –qualitäten erfasst und dokumentiert werden.

Materialbezug

Der Bauleiter hat unter anderem „darüber zu wachen, dass die Baumaßnahme entsprechend den öffentlich-rechtlichen Anforderungen durchgeführt wird und die dafür erforderlichen Weisungen zu erteilen. […] Der Bauleiter hat die Tätigkeit der Fachbauleiter und seine Tätigkeit aufeinander abzustimmen.“ (§56 Musterbauordnung – MBO). Dazu sind einerseits detaillierte Kenntnisse der Bauweise und der verwendeten Materialien, aber auch eine Koordination innerhalb der Akteurskonstellation erforderlich.
Wird eine Objektdokumentation gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) erstellt (vgl. § 34 Leistungsbild Gebäude und Innenräume), werden noch mehr Informationen zur materiellen Zusammensetzung dokumentiert.
Ist der Einsatz eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinators (vgl. §2 Abs. 3 der Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen - Baustellenverordnung - BaustellV) geboten, benötigt dieser Informationen über etwaige Schad- oder Gefahrstoffe.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	
☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	
☐	Anlass in Entwicklungsphase	
☒	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☒	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
Hausakte	IB42

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Architekt	Ak30
Bauunternehmen	Ak37
(Bau-)Produkthersteller	Ak38
Fertighaushersteller	Ak39
Bauherr	Ak01
Eigentümer	Ak33

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Musterbauordnung: https://www.jurion.de/gesetze/mbo/ Baustellenverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/baustellv/ Honorarordnung für Architekten und Ingenieure: https://www.gesetze-im-internet.de/hoai_2013/

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 71 Anlasssteckbrief Zertifizierung/NHK-Bewertung von Gebäuden

Zertifizierung/NHK-Bewertung von Gebäuden	**Ordnungsnr. AB34**

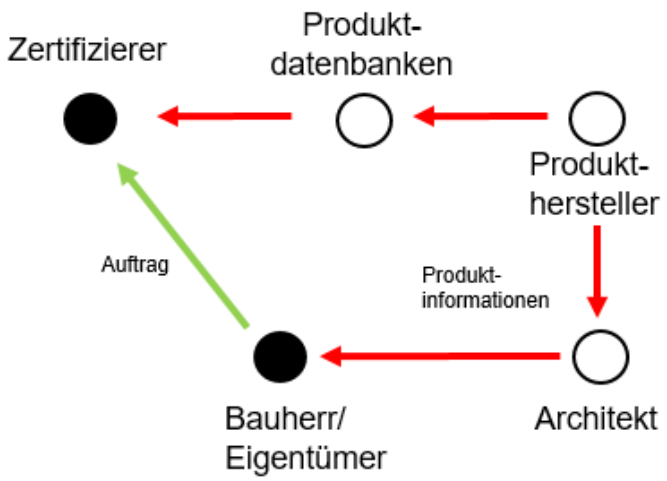
Beschreibung des Anlasses

Der Anlass der Zertifizierung betrifft in erster Linie öffentliche Bauherren oder ähnliche Institutionen, auch institutionelle Bauherren und Eigentümer von Bauwerken können eine Zertifizierung anstreben. Auf private Bauherren dürfte dies in den seltensten Fällen zutreffen, es sei denn, die Zertifizierung ist Bedingung für öffentliche Fördermittel, die jene erhalten können. Es gibt ein breites Angebot an Zertifizierungssystemen, die sich an öffentliche Gebäude (z. B. das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – BNB), Gebäude und Quartiere (z. B. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.) oder kleinere Wohnhäuser (z. B. Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau – BNK) richten. Oft sind Zertifizierungsprogramme auch räumlich eingeschränkt und werden nur in einer Stadt oder einem Stadtteil vergeben (z. B. Umweltzeichen Hafencity Hamburg oder das Münchner Förderprogramm Energieeinsparung – FES).

Materialbezug

Bei der Ökobilanzierung oder Nachhaltigkeitsbewertung wird eine Vielzahl von Informationen zur materiellen Zusammensetzung von Bauwerken benötigt, die praktisch das ganze Spektrum des Informationsbedarfes abdeckt, der im Rahmen des Projekts auf Bauwerksseite untersucht wird. Dadurch sind Ökobilanzierung oder Nachhaltigkeitsbewertung einerseits wichtige Datenquellen, begründen aber auch einen Bedarf nach einer systematischen und detaillierten Bauwerksdokumentation.
Ein Beispiel dafür ist das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB):
Dieses besteht aus zahlreichen ‚Kriterien' der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen, technischen und Prozessqualität sowie der Standortqualität, mit deren Hilfe die Nachhaltigkeit eines Bauwerks bewertet wird. Zur Bewertung vieler dieser Kriterien sind verschiedenste Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerks nötig, beziehungsweise lässt die Dokumentation der Nachhaltigkeitsbewertung Rückschlüsse auf verschiedene Aspekte der materiellen Zusammensetzung des Bauwerks zu.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☒	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☐	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
u. a.:	
BNB-Nachhaltigkeitsbewertungssystem	IB32
CO2-Bonus – Münchner Förderprogramm Energieeinsparung	IB31
Zertifizierungen, Ratings	IB40
BNB-Dokumentation	IB39
Umweltzeichen Hafencity Hamburg	IB43

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Ökobilanzierer/Nachhaltigkeitsbewerter	Ak35
Bauherr	Ak01
Eigentümer	Ak33
(Architekt)	Ak30
(Produkthersteller)	Ak38

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
DIN EN ISO 14044:2006-10 Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB e.V.): https://www.dgnb.de/de/index.php https://www.hafencity.com/upload/files/listitems/Das_Umweltzeichen_HafenCity.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Klimaschutz_und_Energie/Energieeffizientes_Bauen/Foerderung_und_Qualitaet/FES/Antragsverfahren_Richtlinie.html https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:0e34157a-c789-438d-940b-4fd7edbfaec2/co2_bonus.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:879d365b-cad0-482c-9a6d-788ab1a68271/co2_bonus.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:bd604193-6b4a-4ea7-9e26-b1be61e86ab5/erklaerung_co2_bonus.pdf

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 72 Anlasssteckbrief Ankauf/Verkauf/Transaktion

Ankauf/Verkauf/Transaktion	**Ordnungsnr. AB35**

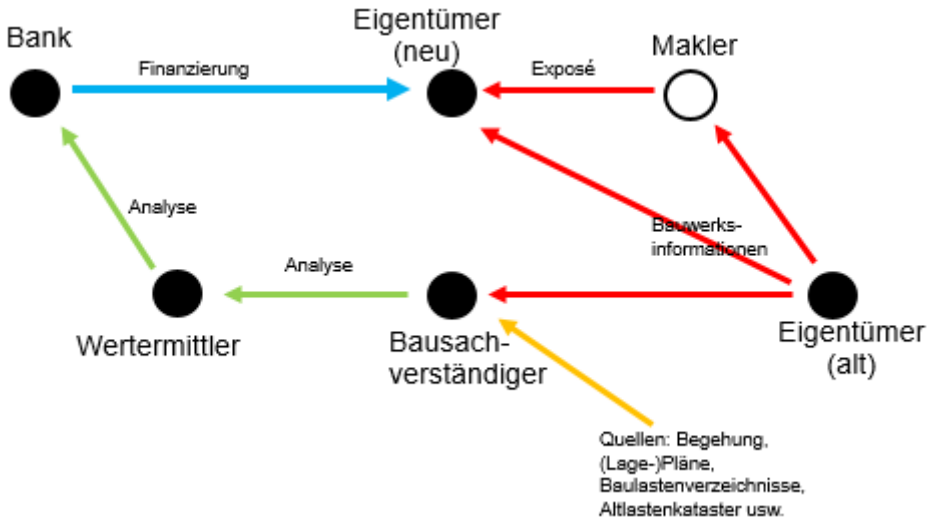
Beschreibung des Anlasses

Beim Kauf und Verkauf eines Bauwerks sind verschiedene Akteure und Akteursgruppen in einer Akteurskonstellation eingebunden, die zu unterschiedlichen Zwecken Informationen benötigen und austauschen. Ein Beispiel stellt die Finanzierung dar. Der Kreditgeber (z. B. eine Bank) fordert in diesem Falle eine Risikoanalyse ein, für die Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerks (z. B. bezüglich etwaiger Schad- oder Gefahrstoffe) benötigt, beziehungsweise erhoben und dokumentiert werden.

Materialbezug

Makler-Exposés können Informationen zur Bauweise beinhalten.
Findet im Rahmen der Vorbereitung der Transaktion und insbesondere der Finanzierung eine Wertermittlung und/oder eine Risikoanalyse statt, werden dafür Informationen zur materiellen Zusammensetzung, wie beispielsweise die Möglichkeit des Vorkommens von Schadstoffen. Auch die zu erwartende Lebensdauer der Bauteile geht in die Wertermittlung ein.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		**Anmerkungen**
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☐	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
VÖB-ImmobilienAnalyse	IB30
Due-Diligence-Reports/Risikobewertung	IB41
Zertifizierungen, Ratings	IB40
Makler-Exposé	IB46

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Eigentümer	Ak33
Due-Diligence-Spezialist/Risikoanalyst	Ak44
Banken/Investoren	Ak34
Wertermittler	Ak41
Portfoliomanager	Ak40

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 73 Anlasssteckbrief Bewirtschaftung/Verwaltung

Bewirtschaftung/Verwaltung	**Ordnungsnr. AB36**

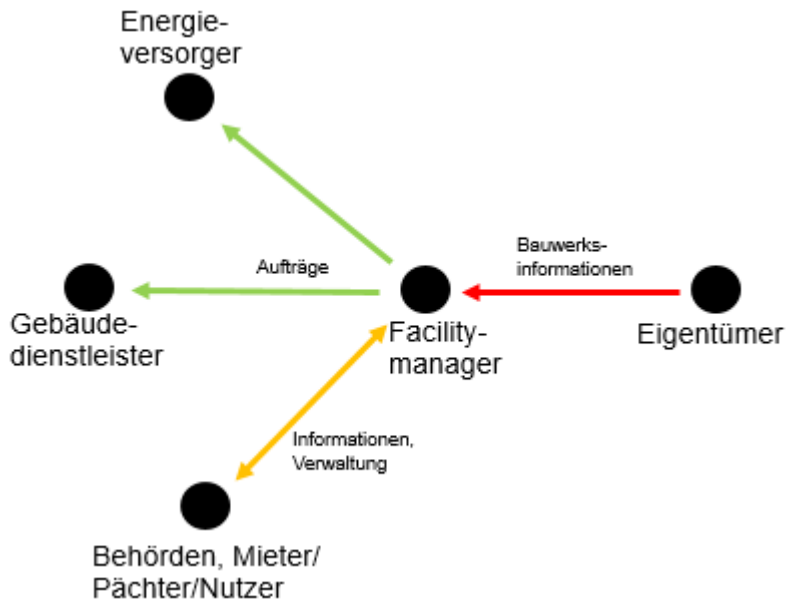
Beschreibung des Anlasses

Die Phase der Bewirtschaftung und Verwaltung eines Bauwerks folgt im Gebäudelebenszyklus auf die Planung, Realisierung und Inbetriebnahme und endet mit dem Rückbau. In diese Phase fällt der alltägliche Betrieb über Jahre und Jahrzehnte hinweg, wie auch etwaige Modernisierungen, Umbauten oder Sanierungen.
Im Gegensatz zu allen anderen Anlässen im Lebenszyklus eines Bauwerks ist die Bewirtschaftung kein zeitpunktbezogenes Ereignis, sondern bezieht sich auf einen Zeitraum, der die gesamte Lebensdauer des Bauwerks umfassen kann. Die Bewirtschaftung und Verwaltung wird dennoch als „Anlass" behandelt, da auch im laufenden Betrieb der Verwalter oder Facility-Manager ständig Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Gebäudes benötigt und auch Informationen entstehen oder erhoben werden, die dieser idealerweise systematisch zur späteren Verwendung dokumentiert. Dies betrifft unter anderem den laufenden Betrieb, regelmäßige Inspektionen, Wartungsarbeiten, Instandhaltung und Instandsetzung, Reparaturen und insbesondere die tatsächliche Nutzungsdauer von Bauteilen und technischer Gebäudeausstattung.

Materialbezug

Während der Nutzungsphase eines Bauwerks werden unterschiedliche Informationen zu dessen materieller Zusammensetzung benötigt, geschafft und dokumentiert:
Auf der strategischen Ebene des Facility-Managements werden unter anderem Informationen über mögliche Belastungen durch Schad- oder Gefahrstoffe für die Risikoanalyse und die Kommunikation mit strategischen Partnern benötigt, Informationen zur Bauweise und Verortung von Materialien in Bauteilen können in Leistungsvereinbarungen eingehen.
Auf der taktischen Ebene werden Informationen zur materieller Zusammensetzung des Bauwerkes benötigt, um Projekte zu managen, die Einhaltung von Richtlinien, Gesetzen und Vorschriften zu überwachen und Berichtspflichten nachzukommen oder Zertifizierungen zu erhalten. Bei diesen Prozessen werden auch noch neue und Informationen generiert und dokumentiert.
Auf der operativen Ebene benötigt der Facilitymanager, bzw. die Dienstleister, die für ihn tätig werden, Informationen zur Bauweise und Verortung von Materialien in Bauteilen, um ihre Aufgaben zu erfüllen. Gleichzeitig werden auf dieser Ebene auch detaillierte Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerkes dokumentiert.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☐	einmalig	
☒	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☐	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
Hausakte	IB42
Zertifizierungen	IB40

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Facilitymanager	Ak32
Eigentümer	Ak33
Nachhaltigkeitsbewerter	Ak35
Versicherer	Ak43

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 74 Anlasssteckbrief Bauantragstellung

Bauantragstellung	**Ordnungsnr. AB37**

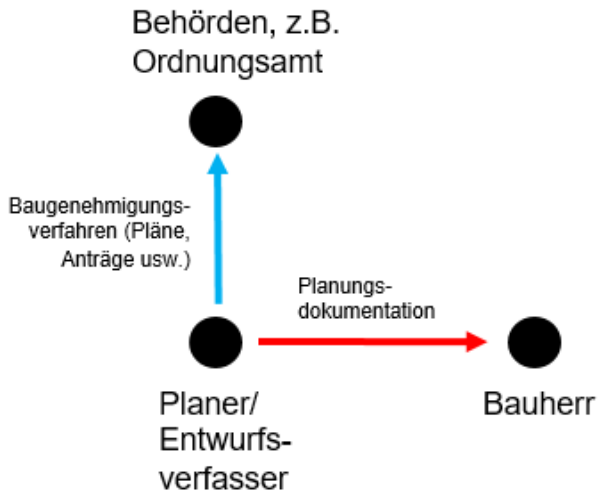
Beschreibung des Anlasses

Wird ein Neubau, Umbau, Rückbau oder eine Modernisierung geplant ist in vielen Fällen eine Antragstellung bei den zuständigen Behörden erforderlich.
Auch in diesem Fall sind zahlreiche Akteure bzw. Akteursgruppen Teil der Akteurskonstellation und entstehen Informationen beziehungsweise es werden solche dokumentiert, die insbesondere aus der Sicht des Projektes KartAL IV besonders wertvoll sind. Gerade während der Durchführung von Baumaßnahmen (oder Abrissen) können sehr spezifische Daten zu den verbauten Materialmengen und –qualitäten erfasst und dokumentiert werden.
Bei größeren Maßnahmen an Bauteilen der Gebäudehülle oder der Haustechnik kann es außerdem vorkommen, dass sich aus der Energieeinsparverordnung (EnEV) weitere Pflichten ergeben.

Materialbezug

Der Entwurfsverfasser, üblicherweise ein Architekt, ist verantwortlich für die Eignungsprüfung der verwendeten Baustoffe und für die Unterlagen für die Dokumente für das Baugenehmigungsverfahren (Kenntnisgabe, Baubeschreibung, Bauzeichnung, Pläne, Antrag, Bautätigkeitsstatistik usw.
Dadurch erhalten die zuständigen Behörden (z. B. Bauämter, Ordnungsämter usw.) detaillierte und standardisierte Informationen zur Materiellen Zusammensetzung der beantragten Bauwerke.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		**Anmerkungen**
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☒	rechtlich zwingend	
☐	sonstiger Anlass	

☒	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☐	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
Bauzeichnung, Bestands-/Revisionspläne	IB35
Baugenehmigung, Bauvorbescheid	IB38
(Muster-)Baubeschreibung	IB45
Bautätigkeitsstatistik	IB47
Bauantrag, Bauvoranfrage	IB37
Ausführungs-/Architektenpläne	IB33

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Architekt	Ak30
Behörden	
Bauherr	Ak01

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Energieeinsparverordnung – EnEV: http://www.enev-online.de/

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 75 Anlasssteckbrief Förderantragstellung

Förderantragstellung	**Ordnungsnr. AB38**

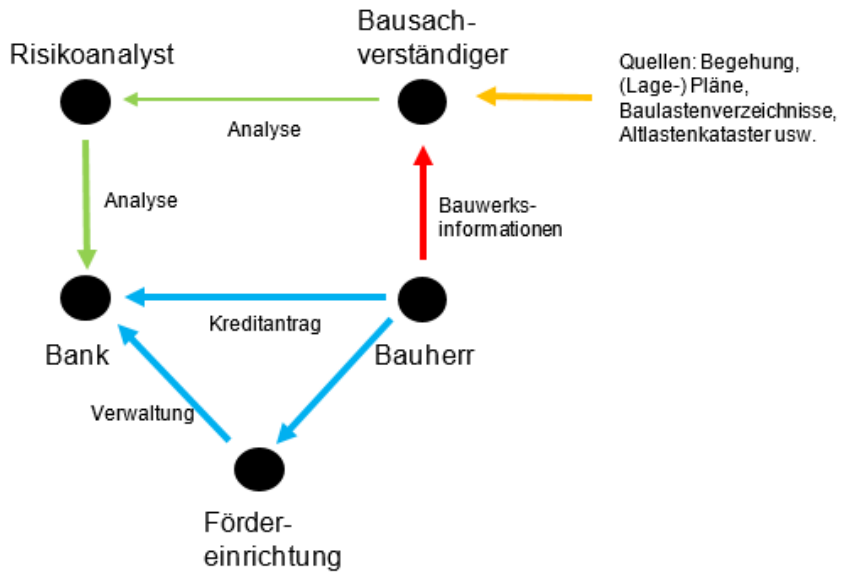
Beschreibung des Anlasses

Plant ein Bauherr eine Maßnahme, kann sich, selbst wenn er diese vollständig aus eigenen Mitteln finanzieren könnte, die Beantragung von Fördermitteln lohnen. Dies gilt natürlich umso mehr, wenn der Bauherr zur Finanzierung der Maßnahme auf Fremdkapital angewiesen ist, insbesondere im Falle von Neubau, einer umfangreichen Modernisierung oder wenn eine Immobilie gekauft werden soll. Die wichtigsten hierbei beteiligten Akteure sind Eigentümer, Käufer, Fördergeber und Banken und Dienstleister in deren Auftrag. In Bezug zur materiellen Beschaffenheit von Bauwerken sind in solchen Zusammenhängen solche Informationen relevant, die für die Förderwürdigkeit und die Wertermittlung wichtig sind oder ein Risiko für den Immobilienwert darstellen, wie z. B. Kontaminationen mit Schadstoffen oder Gefahrstoffe.

Materialbezug

Förderinstitute (z. B. KfW) oder Banken, die für diese Förderkredite ausreichen, haben in der Regel kein unmittelbares Interesse an der materiellen Zusammensetzung der durch sie finanzierten Bauwerke und Maßnahmen. Es ergibt sich jedoch ein mittelbares Interesse, da Akteure aus dieser Gruppe für die Entscheidung über die Kreditvergabe und die Bestimmung der Konditionen eine Einschätzung der Risiken benötigen, die mit der Immobilie verbunden sind. In eine solche Risikoanalyse können unter anderem auch Informationen zu (möglichen) Belastung mit Schad- oder Gefahrstoffen eingehen, beispielsweise wenn die Risikoanalyse anhand des Immobilienanalyseinstruments des Bundesverbands öffentlicher Banken Deutschlands (VÖB) durchgeführt wird.
Ist für die Förderung der Nachweis eines bestimmten Standards vorausgesetzt (wie beispielsweise KfW-Effizienzhaus), entsteht ein zusätzlicher mittelbarer Bedarf nach Informationen, die für den Nachweis des Standards notwendig sind.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☒	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☒	Anlass in Nutzungsphase	
☐	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
VÖB-ImmobilienAnalyse	IB30
Due-Diligence-Reports/Risikobewertung	IB41
Zertifizierungen, Ratings	IB40
BNB-Nachhaltigkeitsbewertungssystem	IB32
BNB-Dokumentation	IB39
Umweltzeichen Hafencity Hamburg	IB43
CO2-Bonus – Münchner Förderprogramm Energieeinsparung	IB31

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Fördereinrichtung	Ak42
Eigentümer	Ak33
Bauherr	Ak01
Wertermittler	Ak41
Banken/Investoren	Ak34
Due Diligence-Spezialist/Risikoanalyst	Ak44

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

Tabelle 76 Anlasssteckbrief Rückbauplanung

Rückbauplanung	**Ordnungsnr. AB39**

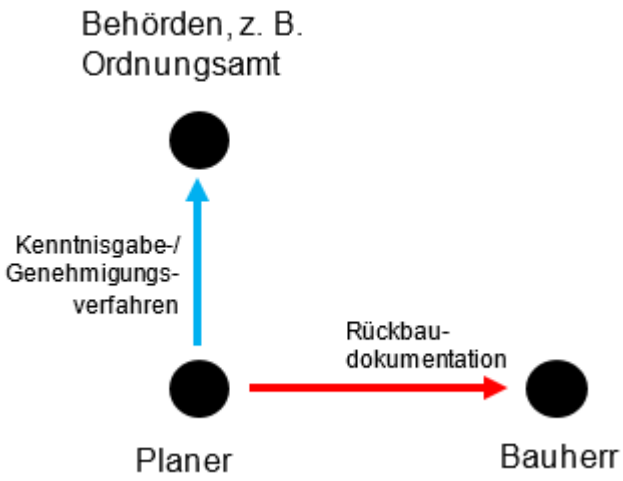
Beschreibung des Anlasses

Als Rückbau wird im Bauwesen das komplette oder teilweise Zerstören und Entsorgen eines Bauwerks bezeichnet. Die Planung eines Rückbaus löst zahlreiche Prozesse in der Organisation, in der Planung der Maßnahme und die Genehmigungen bzw. Kenntnisgabe aus. Im Rahmen dieser Vorgänge entstehen verschiedene Informationen, beziehungsweise diese werden nachgefragt, verarbeitet oder dokumentiert. Außerdem werden bei den Vorgängen, die durch die Planung ausgelöst werden, unterschiedlichste Akteure, bzw. Akteursgruppen miteinbezogen.
Die Veranlassung für die Planung eines Rückbaus ist nicht Teil des Projekts, die Gründe dafür werden nur insofern einbezogen als sie in der technischen Lebensdauer von Bauwerken oder ihrer Bauteile verursacht sind oder Rückschlüsse auf diese zulassen.
Über die Planung eines Rückbaus müssen die zuständigen Behörden meist zumindest in Kenntnis gesetzt werden und es erfolgt ein Eintrag in die Statistik der Bauabgänge.

Materialbezug

Der Planer der Rückbaumaßnahme ist verantwortlich für die Unterlagen für das Genehmigungsverfahren und den Eintrag in die Statistik der Bauabgänge. Diese Dokumente können als Informationsquellen dienen.
Für die Planung der Entsorgung (und gegebenenfalls das Recycling) des Rückbaumaterials sind Informationen zu den zu erwartenden Materialmengen und der Verschmutzung bzw. Verbindung zu anderen Stoffen hilfreich. Insbesondere Informationen über enthaltene Schadstoffe sollten bei der Rückbauplanung bereits vorliegen.
In vielen Fällen ist ein Nachweis der Deponierung oder Entsorgung des Rückbaumaterials zu erbringen.

Akteurskonstellation



Kurzcharakteristik		
Art des Anlasses		Anmerkungen
☒	einmalig	
☐	wiederkehrend/regelmäßig	

☐	rechtlich zwingend	
☒	sonstiger Anlass	

☐	Anlass in Entwicklungsphase	
☐	Anlass in Realisierungsphase	
☐	Anlass in Nutzungsphase	
☒	Anlass in Verwertungsphase	

Verwendete Instrumente	Ordnungsnr.
Entsorgungsnachweise	IB48
Bautätigkeitsstatistik/Statistik der Abgänge	IB47
Bauantrag, Baubeschreibung, Bauvoranfrage	IB37
Entsorgungskonzept nach § 47 KrWG, § 8 GewAbfV	IA01

Beteiligte Akteure	Ordnungsnr.
Eigentümer	Ak33
Bauherr	Ak01
Architekt	Ak30
Bauunternehmen	Ak37
Recyclingunternehmen	
Behörden	

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen

Bearbeiter/in (Version): KM01	Institut: KIT

B.4.3 Instrumentensteckbriefe

Tabelle 77 Instrumentensteckbrief VÖB-Immobilien-Analyse

VÖB-Immobilien-Analyse	**Ordnungsnr. IB30**
Beschreibung des Instruments	
Die VÖB-ImmobilienAnalyse ist ein Hilfsmittel zur systematischen, formulargestützten Risikobewertung von Immobilien anhand der Markt- und Objektsituation. Dazu werden von einer/m Sachverständigen die Eigenschaften der Immobilie für zahlreiche Einflussgrößen des Marktumfeldes und der Objekteigenschaften auf einer zehnstufigen ordinalen Spanne abgetragen. Dabei steht die erste Stufe für die günstigste Merkmalsausprägung, bis hin zu Stufe zehn, die die denkbar schlechteste, „katastrophale“ Ausprägung repräsentiert. Nach einer nach Objektarten getrennten Gewichtung der verschiedenen Einflussfaktoren und Multiplikation mit Korrekturfaktoren ergibt sich ein vereinheitlichtes, eindimensionales Immobilienrating, das etwaigen Käufern, Kreditgebern oder Versicherern der Immobilie Aufschluss über deren Risikoprofil im Fall eines Verkaufs, einer Beleihung, oder Versicherung gibt. Die Bonität der Eigentümer/innen wird innerhalb der VÖB-ImmobilienAnalyse allerdings nicht miteinbezogen.	

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen
Ähnlich wie die Beschreibung des Marktumfeldes enthält auch die Kriteriengruppe „Standort“ keine nennenswerten Informationen über die Materialzusammensetzung eines Gebäudes. Allenfalls im Rahmen von Punkt 2.5 könnten sich, ebenso wie von Unterpunkt 3.4.3, mögliche Hinweise auf Beanspruchungen oder Altlasten ergeben, die aus Einflüssen des Umfelds stammen. Darüber hinaus könnten mit Punkt 3.2 („Ausstattung“) Hinweise auf die Gebäudetechnik und entsprechende Materialen abgefragt werden. In Punkt 3.3 („Baulicher Zustand“) könnten einige Informationen über die Bauweise und Materialen zum Zeitpunkt der Errichtung einfließen, darüber hinaus auch Hinweise auf den Modernisierungs- und Instandhaltungszustand, aus denen eine Einschätzung, ob ein Teil der ursprünglichen Bausubstanz bereits ausgetauscht wurde, möglich würde. Entscheidend dürfte der Unterpunkt 3.5.1 sein, da hier die verwendeten Baumaterialen eingehen. Generell lässt die standardisierte Darstellung der Informationen in Form einer einzigen Zahl (1 – 10) pro Kriterium kaum quantitative (oder auch nur qualitative) Aussagen zu enthaltenen Materialien, Gefahrstoffen, Einbausituationen, Verschmutzungen etc. zu.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Materialarten	
☐ Materialmengen	
☐ Materialeigenschaften	
☐ Altersangaben	
☐ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	Stoffe werden nicht genannt, nur die Möglichkeit der Belastung (1-10)

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☐	☐	☐	☒ nur 1-10
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☐	☐		☐
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Die Einschätzung der Sachverständigen, die in der VÖB-ImmobilienAnalyse hinterlegt werden, ist generell nur in Form eines qualitativen, letztlich immer noch subjektiven Ratings im Format einer ganzen, gerundeten Zahl von eins bis zehn dargestellt. Es erfolgt keine Darstellung absoluter differenzierter Zahlenangaben oder eine Benennung verwendeter Materialien oder möglicher Problemstoffe. Entsprechend können aus der VÖB-ImmobilienAnalyse keine projektrelevanten Informationen bezogen werden, es lassen sich höchstens Hinweise auf mögliche Kontaminationen und die wahrscheinliche Bauweise, Zusammensetzung und den Sanierungszustand ableiten. Diese Darstellung mag als überschaubares und einheitliches Risikomaß hilfreich für die jeweiligen Zielgruppen bei den gegebenen Anlässen sein, projektrelevant dürften eher die zugrundeliegenden Dokumente und die Dokumentation der Analyse selbst sein.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.voeb-service.de/fileadmin/user_upload/Fachpublikation_VOEB-Immobilienanalyse_September_2006.pdf https://www.voeb-service.de/bankensoftware/voeb-immobilienanalyse/

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 95 Ausprägungsskala in der VÖB-Immobilienanalyse und Analysebeispiel

Ausprägungsskala in der VÖB-Immobilienanalyse

exzellent	sehr gut	gut	leicht über Ø	Ø	leicht unter Ø	mäßig	schlecht	sehr schlecht	katastro-phal
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

VÖB-ImmobilienAnalyse nach Kriteriengruppen

Kriteriengruppe 1

1. Markt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gewichtung
1.1.National					5						30 %
1.2.Regional (gem. Risikoatlas VÖB)				4							70 %
Beurteilung der Kriteriengruppe 1				4							**20 %**

Kriteriengruppe 2

2. Standort	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gewichtung
2.1.Image / Ruf des Quartiers und der Adresse						6					12 %
2.2.Eignung des Mikrostandortes für Objektart und Nutzerzielgruppe					5						19 %
2.3.Qualität der Verkehrsanbindung von Grundstück und Quartier				4							19 %
2.4.Qualität der Nahversorgung für Nutzerzielgruppe							7				35 %
2.5.Höhere Gewalt					5						15 %
Beurteilung der Kriteriengruppe 2						6					**30 %**

Kriteriengruppe 3

3. Objekt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gewichtung
3.1.Architektur / Bauweise			3								18 %
3.2.Ausstattung				4							3 %
3.3.Baulicher Zustand				4							4 %
3.4.Grundstückssituation							7				22 %
3.5.Umweltverträglichkeit		2									18 %
3.6.Rentabilität des Gebäudekonzeptes		2									35 %
Beurteilung der Kriteriengruppe 3			3								**20 %**

Kriteriengruppe 4

4. Qualität des Objekt-Cashflows	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gewichtung
4.1.Mieter / Nutzersituation			3								30 %
4.2.Miet- / Wertentwicklungspotenzial							7				45 %
4.3.Vermietbarkeit / Konkurrenzsituation					5						10 %
4.4.Leerstand / Vermietungsstand					5						5 %
4.5.Umlagefähige und nicht umlagefähige Bewirtschaftungskosten						6					5 %
4.6.Drittverwendungsfähigkeit				4							5 %
Beurteilung der Kriteriengruppe 4					5						**30 %**

Gesamtergebnis der VÖB-ImmobilienAnalyse

Gesamtbewertung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gewichtung
1.Markt				4							20 %
2.Standort						6					30 %
3.Objekt			3								20 %
4.Qualität des Immobilien Cash-Flows					5						30 %
Gesamtbewertung					5						**100 %**

Abbildung 96 VÖB-Immobilien-Analyse: Ausprägungen zum Bewertungskriterium - ökologisches Gebäudekonzept

Ausprägungen zum Bewertungskriterium

3.5.1. Ökologisches Gebäudekonzept

1 ausgezeichnete Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchtschutz der Gebäudehülle. Komplette Paket z. B. folgender Maßnahmen: Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele, etc.).; Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung

2 Sehr gute Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchteschutz der Gebäudehülle. Komplettes Paket z.B. folgender Maßnahmen: Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.; sehr gute Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchteschutz der Gebäudehülle. Komplettes Paket z.B. folgender Maßnahmen: Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z.B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.; Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

3 weit überdurchschnittliche Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchteschutz der Gebäudehülle. Folgender Maßnahmen werden (von Ausnahmen abgesehen) vollständig erfüllt; Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

4 gute Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchteschutz (z.B. Neubau oder energetisch sanierter Altbau), höchst-U-Werte nach aktueller EnEV werden unterschritten. Folgender Maßnahmen werden von Ausnahmen abgesehen erfüllt; Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

5 hinreichende Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchteschutz (z.B. Neubau oder energetisch sanierter Altbau); höchst-U-Werte nach aktueller EnEV werden erreicht; Folgender Maßnahmen werden im Wesentlichen erfüllt:; Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

6 nicht mehr hinreichende Wärmedämmung, Dichtheit und Feuchteschutz (z.B. Neubau oder energetisch sanierter Altbau); höchst-U-Werte nach aktueller EnEV werden überschritten; Folgender Maßnahmen werden zum überwiegenden Anteil erfüllt: Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

7 ungenügende Wärmedämmung und Dichtheit, Wärmebrücken, , aufsteigende Feuchtigkeit (z.B. energetisch unsanierter Bestand); höchst-U-Werte nach EnEV überschritten; Folgende Maßnahmen werden nur zu Teilen erfüllt: Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

8 ungenügende Wärmedämmung und Dichtheit, Wärmebrücken, Schimmelbefall, aufsteigende Feuchtigkeit (z.B. energetisch unsanierter Bestand); höchst-U-Werte nach EnEV weit überschritten: Folgende Maßnahmen werden nur im Ansatz erfüllt: Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

9 ungenügende Wärmedämmung und Dichtheit, Wärmebrücken, Schimmelbefall, aufsteigende Feuchtigkeit (z.B. energetisch unsanierter Bestand); höchst-U-Werte nach EnEV weit überschritten: Keine der folgenden Maßnahmen werden erfüllt:; Einsatz wassersparender Armaturen und Geräte; Verbrauchsmessung je Mietbereich; Speicherung und Nutzung des Regenwassers (z. B. für Toilettenspülung, Grünflächenbewässerung, Wasserspiele u. Ä.); Getrennte Systeme für Trinkwasser und für Brauchwasser (Wiederaufbereitung des Abwassers von Badewannen und Duschen für Toilettenspülung)

10 ungenügende Wärmedämmung und Dichtheit, Wärmebrücken, Schimmelbefall, aufsteigende Feuchtigkeit (z.B. energetisch unsanierter Bestand); höchst-U-Werte nach EnEV weit überschritten; Keine wassersparenden Maßnahmen

Abbildung 97 VÖB-Immobilien-Analyse: Ausprägungen zum Bewertungskriterium - Gebäudekontamination

Ausprägungen zum Bewertungskriterium

3.5.5. Gebäudekontamination

1	nachweislich unbelastete Baustoffe/Bauteile; attestiert schadstofffrei
2	Baustoffe/Bauteile ohne Verdacht auf Belastungen; vermutlich schadstofffrei
3	Verdacht auf schwach belastete Baustoffe/Bauteile; schadstoffarm und gesundheits-unbedenklich vermutet
4	Verdacht auf Belastung in geringem Umfang (nur Bauteile betreffend, von denen bei sachgerechtem Gebrauch der Immobilie keine Gefahr ausgeht), keine Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe
5	Verdacht auf Belastung in geringem Umfang (nur Bauteile betreffend, von denen bei sachgerechtem Gebrauch der Immobilie keine Gefahr ausgeht); keine Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe in Aufenthaltsräumen
6	Verdacht auf Belastung in mittlerem Umfang (auch Bauteile betreffend, mit denen der Nutzer selten in Kontakt kommt); vereinzelt Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe
7	Verdacht auf Belastung in mittlerem Umfang (auch Bauteile betreffend, mit denen der Nutzer häufiger in Kontakt kommt); deutliche Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe
8	Verdacht auf Belastung in größerem Umfang; gesundheitsbedenklich
9	bestätigte Belastung in größerem Umfang; attestiert gesundheitsbedenklich
10	bestätigte Belastung in größerem Umfang; attestiert gesundheitsschädlich

Tabelle 78 Instrumentensteckbrief CO_2-Bonus

CO_2-Bonus – Münchner Förderprogramm Energieeinsparung	**Ordnungsnr. IB31**

Beschreibung des Instruments

Der CO_2-Bonus ist Teil des Förderprogramm Energieeinsparung (FES), mit dem die Stadt München Maßnahmen fördert, die zu einer Einsparung von Energie und einer höheren Gesamteffizienz beim Neubau und der Modernisierung von Gebäuden innerhalb des Stadtgebiets der Landeshauptstadt München führen. Für den CO_2-Bonus kommen dabei allerdings nur Wohngebäude infrage. Den Richtlinien zufolge können „Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer, z. B. Privatpersonen, Eigentümergemeinschaften (vertreten durch Hausverwaltung), juristische Personen des öffentlichen und privaten Rechts, Baugemeinschaften, Baugenossenschaften, Bauträger, freiberuflich Tätige, Stiftungen, Vereine“ sowie Contractoren diese Förderung in Kombination mit anderen Maßnahmen (z. B. Dämmung der Gebäudehülle) beantragen.
Der CO_2-Bonus prämiert den Einsatz nachwachsender Baustoffe in und an der Gebäudehülle (außer bei Einbau und Austausch von Holzfenstern) mit 0,30 € je Kilogramm langfristig im Gebäude verbautem Kohlenstoff speicherndem Baustoff (regional oder zertifiziert).
Gemäß den Richtlinien müssen die Baustoffe „folgende Eigenschaften besitzen:
Es handelt sich um Vollholz, Holzwerkstoffe und Dämmstoffe mit einem Mindestanteil von 80 Prozent an nachwachsenden Rohstoffen.
Der Rohstoff muss in Deutschland oder maximal 400 km von München entfernt geerntet worden sein oder eine FSC-, PEFC- oder Naturland-Zertifizierung aufweisen.“

Um in den Genuss der Förderung zu kommen, müssen u. a. „Kopien der vollständigen Rechnungen über die zur Förderung beantragten Materialien und deren Einbau“, sowie einer Berechnung der Materialvolumina und Herkunfts-, bzw. Zertifizierungsnachweise der zur Förderung beantragten Materialien vorgelegt werden.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☒ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Materialarten und –mengen, sowie Herkunfts-, bzw. Zertifizierungsnachweise (FSC-, PEFC- oder Naturland) der zur Förderung beantragten Materialien. Da der CO_2-Bonus an Maßnahmen an der Gebäudehülle oder Energiestandards wie Passivhaus gebunden ist, werden indirekt auch weitere Informationen benötigt, z. B. Gebäudepläne und Grundrisse, aus denen die Wohnfläche usw. hervorgehen.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	z. B. aus Rechnungen
☒ Materialmengen	z. B. aus „Formblatt zur Berechnung der Förderhöhe CO2-Bonus“
☐ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	z. B. aus Rechnungen
☐ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☒
Materialmengen	☒	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☒	☐		☐
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen:
https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Klimaschutz_und_Energie/Energieeffizientes_Bauen/Foerderung_und_Qualitaet/FES/Antragsverfahren_Richtlinie.html https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:0e34157a-c789-438d-940b-4fd7edbfaec2/co2_bonus.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:879d365b-cad0-482c-9a6d-788ab1a68271/co2_bonus.pdf https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:bd604193-6b4a-4ea7-9e26-b1be61e86ab5/erklaerung_co2_bonus.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 79 Instrumentensteckbrief BNB-Nachhaltigkeitsbewertungssystem

BNB-Nachhaltigkeitsbewertungssystem	**Ordnungsnr. IB32**

Beschreibung des Instruments

Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BNB) dient der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden mit anschließender Vergabe von verschiedenen Gütesiegeln. Es besteht aus zahlreichen ‚Kriterien' der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen und technischen Qualität sowie der Prozess- und Standortqualität, anhand derer die Nachhaltigkeit eines Bauwerks bewertet wird.
In der Regel erfolgt bei jedem Kriterium eine Bewertung durch gewichtete Unterpunkte, für die es Kriterienkataloge zur Einordnung gibt. Teilweise werden auch Berechnungshilfsmittel wie z. B. ein Excel-Tool bereitgestellt.
Es gibt verschiedene Bewertungssysteme, z. B. für Büro-, Unterrichts- und Laborgebäude oder Außenanlagen.
Unterstützung erhalten die Anwender dabei durch online-Tools wie eBNB, eLCA oder ÖKOBAUDAT.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☒ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Die Kriterien 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5 und 1.1.6 beziehen sich auf die Ökobilanz des Bauwerks und zur Bewertung dieser Kriterien werden sowohl Informationen über Materialarten und –mengen, als auch deren Austauschzeitpunkte und Recyclingmöglichkeiten benötigt. Für die Bewertung der Umweltrisiken werden dabei auch Informationen zur Einbaulage der Materialien (Kontakt zu Boden, Wasser, Innen-/Außenluft, usw.) und Schadstoffbelastungen gebraucht.
Auch für das Kriterium der Lebenszykluskostenrechnung (2.1.1) werden Informationen über Materialarten und –mengen benötigt, meist aufgeteilt nach Kostengruppen.
Kriterium 4.1.4 thematisiert den Rückbau, auch hier sind Informationen zu Materialarten und –mengen und deren Einbauort gefragt, darüber hinaus werden die Art der Verbindung der Schichten, bzw. der zu erwartende Verschmutzungsgrad und Recyclingmöglichkeiten berücksichtigt.
Kriterium 5.1.3 betrifft die Planung, wofür ebenfalls Informationen zu Materialarten und –mengen und die damit verbundenen Recyclingmöglichkeiten einbezogen werden.
Auch für die Bewertung von Kriterium 5.1.5, das sich auf die Bewertung der Bewirtschaftung bezieht, können Informationen zu Materialarten und –mengen herangezogen werden.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☒ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	teilweise
☒ Altersangaben	Baujahr, Austauschzyklen
☒ Einbauort	Aus Schichtenaufbau der Bauteile für Kriterium 4.1.4
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒	☒	☒
Materialmengen	☒	☒	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☒	☒		
Einbauort	☒	☐		☐
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒			
Verschmutzungsgrad	☒	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☒	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☒	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Kriterium 4.1.4 wird vom IBO im Auftrag des BBR derzeit neu gefasst.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen:
https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/ https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/bnb-unterrichtsgebaeude/bnb-un-2017/kriterien-bnb-unterrichtsgebaeude-neubau-bnb-un.html www.ebnb.bundesbau.de www.bauteileditor.de www.oekobaudat.de

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 98 BNB-Dokumentation eines Unterrichtsgebäudes

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Unterrichtsgebäude

BNB_UN **4.1.4**

Hauptkriteriengruppe	Technische Qualität
Kriteriengruppe	Technische Ausführung
Kriterium	Rückbau, Trennung und Verwertung

Relevanz und Zielsetzungen

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) fordert für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes die

- Schonung der natürlichen Ressourcen
- Vermeidung von Abfällen
- ordnungsgemäße und schadlose Verwertung unvermeidbarer Abfälle
- gemeinwohlverträgliche Beseitigung nicht verwertbarer Abfälle

Ziele sind die Einsparung von Deponieraum, Rohstoffen und Produktionsenergie.

Beschreibung

Dieses BNB-Kriterium bezieht sich auf die Baukonstruktion (KG 300). Die haustechnischen Anlagen (KG 400) werden in diesem Kriterium zunächst nicht bewertet. Da gemäß der RBBau vor der Entscheidung zum Neubau zu prüfen ist, ob bestehende Bausubstanz zur Erfüllung eines vorgegebenen Raumbedarfs genutzt werden kann, ist diese Abwägung nicht Bestandteil dieser Betrachtung

Für die Bewertung wirken sich günstig aus:

- die Verwendung von recyclingfähigen Baustoffen und Bauteilen
- der Einsatz abfallarmer Konstruktionen, die die Möglichkeit eines sortenreinen Rückbaus erlauben

Durch die Überprüfung von mindestens 80 % der Masse der baulichen Substanz gemäß oben genannten Forderungen soll eine hohe Aussagekraft erzielt werden.

Die folgenden, in den Arbeitshilfen Recycling des Bundesbauministeriums geforderten, Maßnahmen bewertet das BNB an anderer Stelle:

- die Wiederverwendung von Bauteilen und Einbauten sowie die Verwendung von Recycling-Baustoffen (Ökobilanz, Kriterien 1.1.1 bis 1.1.5)
- Konzepte für das Abfallaufkommen bzw. für die Wertstoffverwendung aus Nutzung, zukünftigen Modernisierungen und Nutzungsende (Kriterium 5.1.3)
- die Abfallvermeidung bei der Bauausführung (Kriterium 5.2.1)

Quantitative Bewertung

Methode

Bauelementekatalog
Für die Beurteilung der Rückbau- und Recyclingfähigkeit des Gebäudes sind alle Bauteile und ihre Flächen- bzw. Massenanteile anhand einer vom BBSR zur Verfügung gestellten Excel-basierten Arbeitshilfe mit integriertem Bauelementekatalog zu erfassen. Die Elemente dieses Kataloges erfassen die wesentlichen Schichten und Schichtdicken eines Bauteils (min. 80 % der Masse) und werden im Bezug auf Rückbaufähigkeit, Sortenreinheit und Verwertbarkeit bewertet.

Ermittlung der Bewertungspunkte
Für jedes Element des Bauteilkataloges wird aus den Bewertungspunkten für Rückbau, Sortenreinheit und Verwertung im Verhältnis 3: 3: 4 der bauteilbezogene Recyclingfaktor R gebildet:

$$(R = 0{,}30 \cdot P_{Rückbau} + 0{,}30 \cdot P_{Sortenreinheit} + 0{,}40 \cdot P_{Verwertung})$$

© BMUB Version V 2017 A1

Fortsetzung von Abbildung 98

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)
Unterrichtsgebäude

BNB_UN
4.1.4

Hauptkriteriengruppe	Technische Qualität
Kriteriengruppe	Technische Ausführung
Kriterium	Rückbau, Trennung und Verwertung

Methode

Mit dem bauteilbezogenen Recyclingfaktor wird ein gebäudeunabhängiger Vergleich unterschiedlicher Konstruktionen ermöglicht. Das Produkt aus R und dem Anteil des Bauelements am gesamten Gebäude ergibt die Punktzahl für jedes Bauelement. Die Summe der Punktzahlen für alle Bauelemente ergibt die Bewertungspunkte für das Gesamtgebäude und stellt das Ergebnis des BNB-Kriteriums 4.1.4 dar.

Die Gewichtung kann grundsätzlich für einzelne Materialien oder auf Ebene der Bauteile erfolgen.

Falls erforderlich, kann im Bauteilkatalog durch den Bewerter ein neues Element angelegt und mit einem entsprechenden Bewertungsvorschlag versehen werden. Orientierung bieten dabei die vorhandenen Elemente des Bauteilkataloges. Neu angelegte Elemente werden grundsätzlich durch die zuständige Konformitätsprüfungsstelle überprüft.

Erfassung der Bauelemente
Die Ermittlung der Bauteilflächen erfolgt mit Hilfe der Planunterlagen für das Baugenehmigungsverfahren und des Nachweises gemäß EnEV. Ziel dabei ist eine sinnvolle Zusammenfassung gleichartiger Bauteile. Stützen sind wie kurze, tragende Wandstücke zu erfassen. Die entsprechende Fläche ist durch Addition der Ansichtsflächen der Stützen zu ermitteln, die Schichtdicken ergeben sich aus den Dicken der Stützen. Für Rundstützen ist sinngemäß zu verfahren. Die Schichtdicken bei sich durchdringenden Schichten sind anteilig einzutragen (z. B. bei Dämmung zwischen Sparren).

Rückbaufähigkeit
Beschreibt den Aufwand, der für Demontage oder Abbruch eines Bauteils aus dem Gebäudeverband nötig ist. Betrachtet werden hier z. B. der Aufwand aus:

- Verbund des Bauteils im Bauwerk mit der Umgebung (z. B. Stahlbetonaußenwand als Keller- oder Hochbauteil)
- Art der Gebäudekonstruktion (Ortbauweise – Fertigbauweise)
- Verbund des Bauteils oder der Bauteilschicht mit angrenzenden Bauteilen oder Bauteilschichten

Sortenreinheit
Beschreibt den Aufwand, der für die sortenreine Trennung mehrschichtiger und / oder inhomogener Bauteile anfällt. Unterschieden werden Gebäude und deren Bauteile, die nach dem Rückbau folgende Bauabfallfraktionen verursachen:

- Bauteile, bei denen hersteller- oder brancheneigene Rückführungssysteme für Baustellenabfälle vorhanden sind. (z. B. PVC- Fenster, Metalle usw.)
- Mineralischer Bauschutt, der überwiegend aus Betonbruch besteht
- Mineralischer Bauschutt, der aus Beton und zu geringen Anteilen aus Ziegel und / oder Kalksandstein besteht
- Mineralischer Bauschutt, der aus Beton und zu erheblichen Anteilen aus Ziegel und / oder Kalksandstein besteht
- Mineralischer Bauschutt, der zu überwiegenden Teilen aus Porenbeton besteht
- Mineralischer Bauschutt, der mit gipshaltigen Störstoffen verunreinigt ist
- separat abgetrennte Gipsfraktionen
- Schaumdämmstoffe, Kunststoffe
- Faserdämmstoffe
- Holzfraktionen
- Glasfraktionen

© BMUB Version V 2017 A2

Abbildung 99 Screenshot aus dem Exceltool zur Unterstützung der Bewertung nach 4.1.4

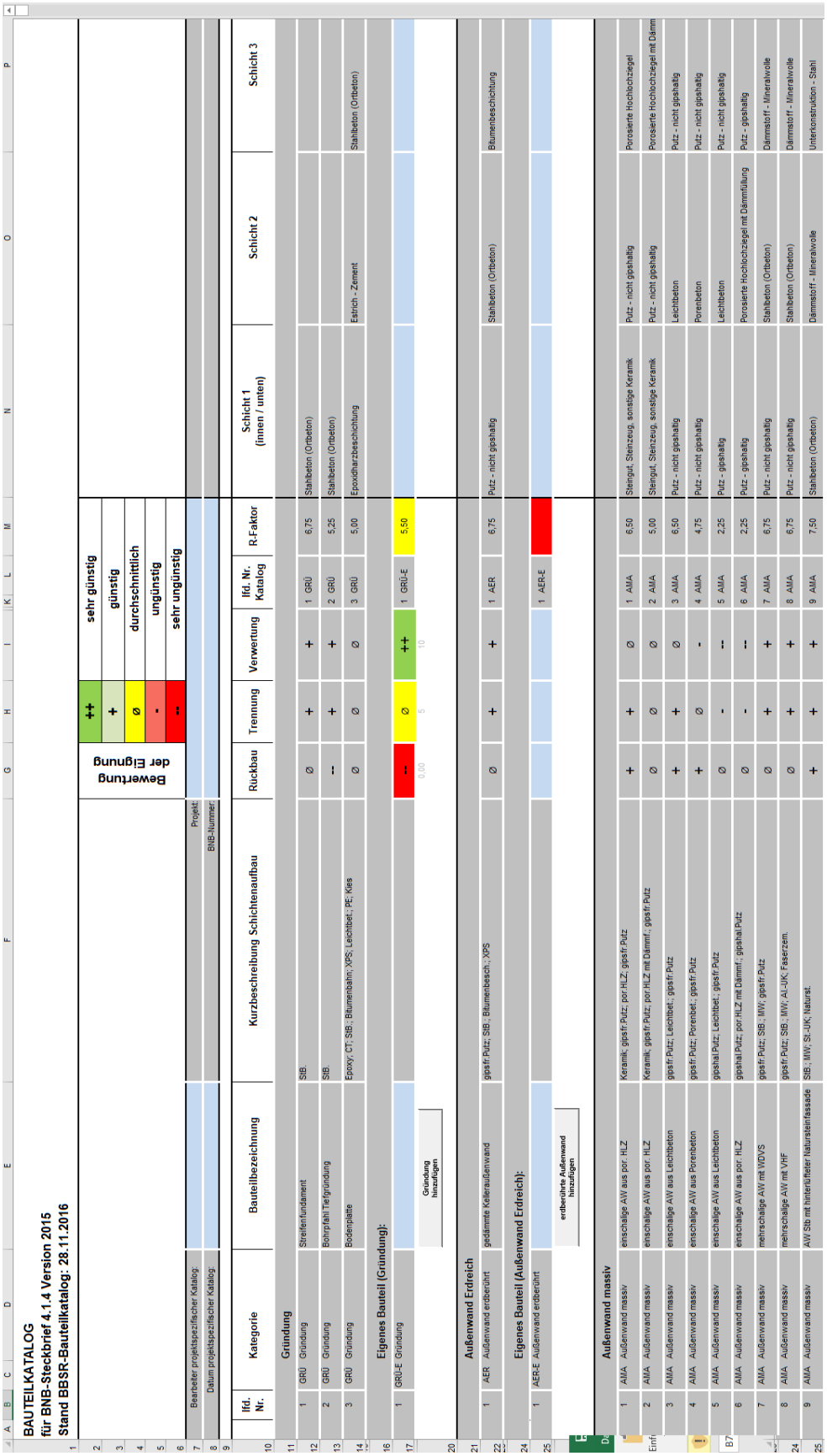


Tabelle 80 Instrumentensteckbrief Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling (BIM)	**Ordnungsnr. IB36**

Beschreibung des Instruments

Building Information Modeling bezeichnet die vernetzte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken mithilfe von Software, wobei alle relevanten Bauwerksdaten digital erfasst, modelliert und kombiniert werden. BIM findet sowohl zur Bauplanung und Bauausführung als auch im Facility-Management Anwendung.
Mit gezielter Forschung und Entwicklung ist nach Abschluss der Planungsphase eine automatisierte Erstellung eines Materialauszuges durch die Software vorstellbar. Ebenso könnte nach der Errichtung des Bauwerks dieser mit den Details der tatsächlichen Ausführung präzisiert werden. Auch könnte eine Dokumentation des Bauwerks über dessen Lebensdauer hinweg erfolgen. Dazu sind aber zunächst ein einheitliches Format der Materialsystematik für das Materialinventar, ein robustes technisches Format zur Datenhaltung und Wiedergabe und Anreize zur Implementierung und Anwendung notwendig.
Erste Anstrengungen wurden in dieser Hinsicht bereits unternommen, müssen aber ausgebaut und vereinheitlicht werden.
Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass (1) BIM grundsätzlich geeignet ist, um Mengenermittlungen und Materialauszüge zu erstellen, (2) unterschiedliche Softwareanbieter hierfür bereits Lösungen anbieten, (3) diese Lösungen keiner einheitlichen Systematik folgen, (4) Bedarf an der Formulierung von Anforderungen am BIM-Entwickler besteht, welche die gewünschte Art und Darstellungsweise für Mengenermittlungen und Materialauszüge beschreiben und (5) im Bereich BIM eine entsprechende Systematik für Mengenermittlungen und Materialauszüge noch zu erarbeiten ist.
Gegenwärtig nutzt erst ein kleiner Teil der Architekten BIM, insbesondere im öffentlichen Dienst. Langfristig ist allerdings eine Steigerung dieses Anteils zu erwarten (vgl. auch die Umfrage der Architektenkammer).

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☒ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

BIM ist als mögliches zukünftiges Format der Datenhaltung in erster Linie eine potenzielle Quelle für Informationen zur materiellen Zusammensetzung zu errichtender Bauwerke. Eine nachträgliche digitalisierte Erfassung von Bestandsgebäuden ist ebenfalls vorstellbar, in diesem Fall würde BIM auch eine Nachfrage nach Informationen erzeugen wenn die Digitalisierung erfolgt.
Momentan enthaltene Informationen dürften sich auf Materialartenbezeichner beschränken. Evtl. lassen sich bereits heute anhand der Gebäudegeometrie grobe Schätzwerte für Materialmengen bestimmen. Anhand der Bauwerksgeometrie dürften Einbauorte und –situationen leicht zu bestimmen sein. Insofern BIM im Facility-Management zum Einsatz kommt, dürften auch Informationen zu Austauschzeitpunkten und -zyklen enthalten sein. BIM ist momentan von der Planung her gedacht, Recyclingfreundlichkeit und -möglichkeiten sind bisher kaum berücksichtigt. Teilweise kommt es auch schon im Facility Management zum Einsatz.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☐ Materialmengen	Könnten ggf. aus Bauwerksgeometrie grob geschätzt werden.
☐ Materialeigenschaften	Je nach Detaillierungsgrad des BIM-Modells denkbar
☒ Altersangaben	
☒ Einbauort	
☐ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒ tw.	☐	☐
Materialmengen	☐ ggf.	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☒ tw.	☐		
Einbauort	☒	☐		☐
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒ möglicherweise			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Für das Projekt KartAL IV ist BIM insofern von Interesse, als dass die Möglichkeit der automatisierten Erstellung von Materialinventaren in der Bauplanung und Bauausführung mit BIM naheliegend erscheint. Damit würde der Dokumentationsaufwand deutlich sinken. Je breiter BIM zur Anwendung kommt, umso mehr Gebäude würden dann mit Materialinventaren dokumentiert und die Informationslage würde verbessert. Darüber hinaus könnte BIM auch die Definition von Typvertretergebäuden erleichtern, die in dem Projektteil, der sich mit regionalen Materialkatastern befasst, benötigt werden, um statistisch die materielle Zusammensetzung eines größeren Bauwerksbestands zu schätzen.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.dabonline.de/2018/04/24/praktische-erfahrungen-und-erwartungen-an-die-architektenkammern-umfrage-bim/ Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J (2015): Building Information Modeling, Springer, Wiesbaden. S. 333-341.

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 81 Instrumentensteckbrief Bauantrag, Baubeschreibung, Bauvoranfrage

Bauantrag, Baubeschreibung, Bauvoranfrage	**Ordnungsnr. IB37**

Beschreibung des Instruments

Ein Bauantrag wird in der Regel von einem Architekten (als bauvorlageberechtigter Entwurfsverfasser) im Auftrag eines Bauherrn in dreifacher Ausfertigung bei der unteren Bauaufsichtsbehörde eingereicht, um eine Baugenehmigung für ein Bauvorhaben zu erhalten. Jener erstellt auch die weiteren für die Beurteilung des Bauvorhabens und die Bearbeitung des Bauantrags erforderlichen Unterlagen, wie die Bauvoranfrage, Baubeschreibung, Bauvorlagepläne, Berechnungen, usw. und unterzeichnet diese zusammen mit dem Bauherrn. Die Bauvoranfrage kann dabei vor dem eigentlichen Bauantrag genutzt werden, um wichtige Einzelfragen vorab zu klären. Die Einzelheiten regeln dabei das Baugesetzbuch (BauGB) und die jeweilige Bauordnung und die Bauvorlagenverordnung der Bundesländer.
Zusammen mit dem Bauantrag sind ein statistischer Erhebungsbogen abzugeben, sowie ein Formblatt zur Anzeige baulicher Änderungen zur Genehmigungserteilung seitens der Behörden. Gegebenenfalls werden auch eine Zustimmungserklärung der Nachbarn und eine Baulastenerklärung benötigt.
Des Weiteren werden Bauzeichnungen, katasteramtliche Lagepläne, eine Baubeschreibung und bei gewerblichen Baumaßnahmen eine Betriebsbeschreibung benötigt.
Die Baubeschreibung erläutert die technischen Einzelheiten, verwendeten Baumaterialien und Ausstattungen des Bauvorhabens.
Die Berechnungen umfassen beispielsweise die bebaute Fläche, den umbauten Raum, die Grundflächenzahl (GRZ), die Geschossflächenzahl (GFZ), die Wohn-/Nutzfläche, Rohbau- und Gesamtkosten.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☒ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Im Bauantrag werden der Bauherr, das Baugrundstück, eine Bezeichnung des Bauvorhabens, der (bauvorlageberechtigte) Entwurfsverfasser und alle weiteren Anlagen dokumentiert.
Die Bauzeichnung, wie auch die dem Bauantrag beigefügten Berechnungen beinhaltet Informationen zur Geometrie des Bauwerks, auf deren Grundlage Schätzungen der Materialmengen anhand geeigneter Typvertretergebäude vorgenommen werden könnten.
Die Baubeschreibung unterstützt eine solche Schätzung mit der bauteilscharfen Benennung der (hauptsächlich) verwendeten Materialien und ggf. auch Baustoffeigenschaften (vgl. LBOAVO BW). Darüber hinaus dokumentiert diese auch nochmals den Bauherrn, das Grundstück, den umbauten Raum, die geplante Nutzung und die Kosten des Bauwerks.
Gegebenenfalls sind auch technische Angaben über Feuerungsanlagen zu dokumentieren, in diesem Fall wären auch Rückschlüsse auf Teile der Haustechnik möglich.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☐ Materialmengen	
☐ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	Baujahr
☒ Einbauort	Hauptbaustoff pro Bauteil
☐ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☐
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☒	☐		☐
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/ http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/kf9/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/BauO_BW_2010.pdf http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/kfh/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/BauRVfV_BW.pdf http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/13tq/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/BauOAV_BW_2010.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 100 Bauantrag (Beispiel Stadt Karlsruhe)

Anlage 4 LBO

Antrag auf

☐ **Baugenehmigung (§ 49 LBO)**

☐ **Bauvorbescheid (§ 57 LBO)**

Aktenzeichen (bitte immer angeben!)

Zutreffendes bitte ankreuzen ☒ oder ausfüllen

Stadt Karlsruhe
Bauordnungsamt

76124 Karlsruhe

an die untere Baurechtsbehörde

Eingangsvermerk der **Gemeinde**

Eingangsvermerk der **Baurechtsbehörde**

Über den Bauantrag kann nur entschieden werden, wenn die aufgrund § 53 Abs. 1 und 2 LBO in Verbindung mit der Verfahrensverordnung zur LBO notwendigen Angaben im Bauantrag und in den Bauvorlagen enthalten sind. Sind Bauantrag oder Bauvorlagen unvollständig oder weisen sie erhebliche Mängel auf, kann der Bauantrag nach ergebnisloser Fristsetzung zurückgewiesen werden (§ 54 Abs. 1 LBO).

1. Bauherr/in

Name der juristischen Person/Personengesellschaft	Name/Ansprechpartner/in		Vorname
Straße	Hausnummer	PLZ	Ort
Telefon	Fax (Angabe freiwillig)		E-Mail (Angabe freiwillig)

2. Baugrundstück

Gemeinde		Gemarkung	
Flur	Flurstück	Straße	Hausnummer

3. Bauvorhaben

☐ **Errichtung** ☐ **Änderung** ☐ **Nutzungsänderung**

☐ Gebäudeklasse gemäß § 2 Abs. 4 LBO:

Genaue Bezeichnung des Vorhabens/der mit dem Bauvorbescheid zu klärenden Einzelfragen

4. Entwurfsverfasser/in

Name der juristischen Person/Personengesellschaft	Name/Ansprechpartner/in		Vorname
Straße	Hausnummer	PLZ	Ort
Telefon	Fax (Angabe freiwillig)		E-Mail (Angabe freiwillig)

Seite 1 von 3

Vervielfältigung, Nachahmung und Veröffentlichung und elektronische Speicherung nur mit Genehmigung!
Form-Solutions E-Mail: info@form-solutions.de
Artikel-Nr. BW600001 www.form-solutions.de

Fortsetzung Abbildung 100

Bauvorlageberechtigt

☐ als Architekt/in nach § 43 Abs. 3 Nr. 1 LBO, — Architektenlistennummer

☐ als Innenarchitekt/in nach § 43 Abs. 3 Nr. 2 LBO, — Architektenlistennummer

☐ als Ingenieur/in der Fachrichtung Bauingenieurwesen nach § 43 Abs. 3 Nr. 3 LBO, — Liste der Ingenieurkammer Nr.

☐ _____

mit **Bauvorlageberechtigung** nach

☐ § 43 Abs. 4 LBO

☐ § 43 Abs. 5 LBO

☐ § 43 Abs. 7 LBO, — Verzeichnis der Ingenieurkammer Nr.

☐ § 43 Abs. 8 LBO, — Verzeichnis der Ingenieurkammer Nr.

☐ § 77 Abs. 2 LBO

Hinweis zum barrierefreien Bauen:
Die Vorschriften zur Barrierefreiheit nach § 35 Abs. 1 und § 39 LBO sind zu beachten. Die Einzelanforderungen (Aufzüge, Bewegungsflächen etc.) an barrierefreie Anlagen ergeben sich aus den in der Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) bekanntgemachten Normen DIN 18040 Teil 1 und Teil 2.

5. Bautechnische Bauvorlagen
Die bautechnischen Nachweise (§ 9 LBOVVO) sind angeschlossen bzw. werden nachgereicht.

☐ Das Bauvorhaben bedarf der bautechnischen Prüfung (§ 17 LBOVVO).

☐ Das Bauvorhaben bedarf **keiner** bautechnischen Prüfung (§ 18 LBOVVO):

Erklärung zum Standsicherheitsnachweis nach § 10 Abs. 2 i.V.m. § 10 Abs. 1 LBOVVO

Ich habe die/den folgende/n Verfasser/in mit der Erstellung des Standsicherheitsnachweises beauftragt:

Familienname Verfasser/in des Standsicherheitsnachweises			Vorname
Straße	Hausnummer	PLZ	Ort
Telefon	Fax (Angabe freiwillig)		E-Mail (Angabe freiwillig)

Bauherr/in

Ort, Datum	Unterschrift

Ich bin Verfasser/in des Standsicherheitsnachweises für das unter 3. angeführte Bauvorhaben und erfülle die Qualifikationsanforderungen nach

☐ § 18 Abs. 3 Nr. 1 LBOVVO
(Bauingenieur/in mit einer Berufserfahrung auf dem Gebiet der Baustatik von mindestens **fünf** Jahren.)

☐ § 18 Abs. 3 Nr. 2 LBOVVO
(Bestätigung der höheren Baurechtsbehörde, dass ich in den letzten **fünf** Jahren vor dem 31.05.1985 hauptberuflich auf dem Gebiet der Baustatik ohne wesentliche Beanstandungen Standsicherheitsnachweise verfasst habe.)

Verfasser/in des Standsicherheitsnachweises

Ort, Datum	Unterschrift

Seite 2 von 3

Fortsetzung Abbildung 100

6. Bauvorlagen und sonstige Anlagen
(Die Anzahl der Ausfertigungen ergibt sich aus § 2 Abs. 2 LBOVVO)

6.1		-fach Lageplan (§ 4 LBOVVO) vom	Datum (TT.MM.JJJJ)
6.2		-fach Bauzeichnungen (§ 6 LBOVVO) vom	Datum (TT.MM.JJJJ)
6.3		-fach Baubeschreibung (§ 7 LBOVVO)	
6.4		-fach Technische Angaben zu Feuerungsanlagen (§ 7 LBOVVO)	
6.5		-fach Angaben zu gewerblichen Anlagen, die keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen (§ 7 Abs. 2 LBOVVO)	
6.6		-fach Darstellung der Grundstücksentwässerung (§ 8 LBOVVO)	
6.7		-fach bautechnische Nachweise (§ 9 LBOVVO)	
6.8		-fach Benennung eines/r Bauleiters/in (§ 42 LBO) - Name, Anschrift, Unterschrift -, soweit bestellt	
6.9		-fach statistischer Erhebungsbogen (für jedes Gebäude getrennt)	
6.10		-fach sonstige Anlagen	

Die Bauvorlagen Nummer 6.6 bis 6.8 können nachgereicht werden; sie sind der Baurechtsbehörde vor Baubeginn vorzulegen. Die Darstellung der Grundstücksentwässerung und die bautechnischen Nachweise sind so rechtzeitig vorzulegen, dass sie noch vor Baubeginn geprüft werden können.

7. Unterschriften

Bauherr/in

Ort, Datum	Unterschrift

Entwurfsverfasser/in

Ort, Datum	Unterschrift

8. Datenschutz – Einwilligungserklärung

Daten über Bauvorhaben dürfen nur veröffentlicht oder an Dritte zur Veröffentlichung weitergegeben werden, wenn der/die Bauherr/in hierzu seine/ihre schriftliche Einwilligung erteilt hat. Aus der Verweigerung der Einwilligung entstehen keine rechtlichen Nachteile. Die Nichtabgabe einer Erklärung gilt als Verweigerung.
Als Bauherr/in bin ich damit einverstanden, dass die Angaben in den Nr. 1 bis 3 zur Veröffentlichung weitergegeben werden.

☐ nein
☐ ja, an ☐ das örtliche Amtsblatt bzw. die örtliche Zeitung
☐ Verlage für Bautennachweise

Die Gemeinde ist unabhängig von der Einwilligung des/der Bauherrn/in zur Bekanntgabe des Bauvorhabens in der Tagesordnung des Gemeinderats oder des zuständigen Ausschusses verpflichtet und zudem berechtigt, über die Sitzung im örtlichen Amtsblatt zu berichten.

Bauherr/in

Ort, Datum	Unterschrift

Seite 3 von 3

Abbildung 101 Baubeschreibung (Beispiel Stadt Karlsruhe)

Anlage 6 LBO

Baubeschreibung

Zutreffendes bitte ankreuzen ☒ oder ausfüllen

1. Bauherr/in

Name der juristischen Person	Name/Ansprechpartner/in bei jur. Personen		Vorname
Straße	Hausnummer	PLZ	Ort
Telefon	Fax (Angabe freiwillig)		E-Mail (Angabe freiwillig)

2. Baugrundstück

Gemeinde		Gemarkung	
Flur	Flurstück	Straße	Hausnummer

3. Bauvorhaben

☐ **Errichtung** ☐ **Änderung** ☐ **Nutzungsänderung** ☐

Genaue Bezeichnung des Vorhabens

Bauwert, berechnet nach Gebührenordnung der zuständigen Baurechtsbehörde		€
davon Rohbaukosten		€
Brutto-Rauminhalt nach DIN 277 Teil 1	m³	Kosten für 1 m³ €

4. Angaben zur Nutzung

Art der Nutzung (z. B. Wohnungen, Büroräume)	notwendige Stellplätze*		notwendige Garagen*		notwendige Fahrradstellplätze*	
	vorhanden	geplant	vorhanden	geplant	vorhanden	geplant

Nebenanlagen

***Hinweis:**
Bei anderen Nutzungen als Wohnnutzungen ist nach § 37 Absatz 1 Satz 2 LBO die Zahl der notwendigen Kfz-Stellplätze unter Berücksichtigung des ÖPNV sowie nach § 37 Absatz 2 Satz 1 LBO die Zahl der notwendigen Fahrrad-Stellplätze zu ermitteln. Die jeweiligen Stellplatzzahlen ergeben sich aus der VwV Stellplätze in der jeweils gültigen Fassung.

Seite 1 von 3

Vervielfältigung, Nachahmung und Veröffentlichung und elektronische Speicherung nur mit Genehmigung!
Form-Solutions E-Mail: info@form-solutions.de Artikel-Nr. BW600009 www.form-solutions.de

Fortsetzung Abbildung 101

Außenanlagen:

Einfriedungen (Höhe, Material)	Kinderspielplatz bei Wohngeb. (§ 9 LBO, § 1 LBOAVO)		Sonstige
	Größe in m²		

5. Grundstücksbeschaffenheit

Baugrund (Angaben nach DIN 1054)
Beschaffenheit und Tragfähigkeit

6. Konstruktion des Gebäudes

Gründungsart

Gebäudeklasse (GKL) nach § 2 Abs. 4 LBO ☐ GKL 1 ☐ GKL 2 ☐ GKL 3 ☐ GKL 4 ☐ GKL 5

Bauteil	Art u. Material der Konstruktion (Dämmstoffe, Verkleidungen)	Brandschutzqualität nach LBOAVO Feuerwiderstand (soweit gefordert)	Baustoffeigenschaft
Tragkonstruktion (§§ 4, 7 u. 8 LBOAVO)			
Außenwände (§ 5 LBOAVO)			
Trennwände (§ 6 LBOAVO)			
Wände notwendiger Treppenräume (§ 11 LBOAVO)			
Wände notwendiger Flure (§ 12 LBOAVO)			
Dach (§ 9 LBOAVO)			
notwendige Treppen (§ 10 LBOAVO)			

Entsprechen Feuerwiderstand und/oder Baustoffeigenschaft von Bauteilen nicht mindestens den Anforderungen der LBOAVO, sind auf einem Zusatzblatt qualifizierte Ausgleichsmaßnahmen nachzuweisen, die eine Abweichung nach § 56 Abs. 1 LBO rechtfertigen.

Seite 2 von 3

Fortsetzung Abbildung 101

7. Feuerungsanlagen – Heizung und Warmwasserbereitung –
(Zusätzliche Angaben mit Vordruck "Technische Angaben über Feuerungsanlagen" sind erforderlich)

☐ Schornsteingebundene Feuerstätten

Art der Feuerungsanlage	Nennwärmeleistung			
	☐ größer als 50 kW		☐ kleiner als 50 kW	
Brennstoff	Offener Kamin	Anzahl		
	☐ ja		☐ nein	

☐ Sonstige Feuerungsanlage

Genaue Bezeichnung mit Angabe der Energieart

8. Lagerbehälter für Brennstoffe

Stück — Lagerbehälter für ☐ Heizöl ☐ Flüssiggas ☐ feste Brennstoffe (z.B. Pellets)

m^3 — Fassungsvermögen insgesamt

Lagerort ☐ unterirdisch ☐ oberirdisch ☐ im Freien ☐ im Gebäude

Schutzvorkehrungen
☐ Auffangwanne/Auffangraum mit m^3 Fassungsvermögen
☐ doppelwandiger Behälter

9. Haustechnische Anlagen z.B. Lüftungsanlagen werden
☐ eingebaut ☐ **nicht** eingebaut

Art der Anlage (Erläuterungen auf besonderem Blatt)

10. Löschwasser – Rückhalteanlagen

(Soweit nach der "Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser - Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe" vom 10.02.1993 (GABl. S. 207) erforderlich.)

Zusätzliche Angaben auf einem besonderen Blatt zu folgenden Punkten:
– Größe und Fläche des Lagerabschnitts und Lagermenge,
– Art der Feuerwehr (Berufs-, Werks- oder Freiwillige Feuerwehr),
– Art der Feuerlöschanlage,
– Art der Branderkennung und Brandmeldung,
– Maß und Bemessung der Abstände,
– Anordnung, Berechnung und Ausbildung der Löschwasser – Rückhalteanlagen.

11. Gewerbliche Anlagen, die keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen

- Zusätzliche Angaben mit Vordruck "Angaben zu gewerblichen Anlagen" sind erforderlich.

Entwurfsverfasser/in

Ort, Datum	Name, Unterschrift

Anlagen

Seite 3 von 3

Tabelle 82 Instrumentensteckbrief BNB-Dokumentation

BNB-Dokumentation	**Ordnungsnr. IB39**

Beschreibung des Instruments

Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BNB) dient der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden mit anschließender Vergabe von verschiedenen Gütesiegeln. Es besteht aus zahlreichen ‚Kriterien' der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen und technischen Qualität sowie der Prozess- und Standortqualität, anhand derer die Nachhaltigkeit eines Bauwerks bewertet wird.
In der Regel erfolgt bei jedem Kriterium eine Bewertung durch gewichtete Unterpunkte, für die es Kriterienkataloge zur Einordnung gibt. Teilweise werden auch Berechnungshilfsmittel wie z. B. ein Excel-Tool bereitgestellt.
Es gibt verschiedene Bewertungssysteme, z. B. für Büro-, Unterrichts- und Laborgebäude oder Außenanlagen. Unterstützung erhalten die Anwender dabei durch online-Tools wie eBNB, eLCA oder ÖKOBAUDAT.
Die Nachhaltigkeitsbewertung nach BNB bezieht eine Vielzahl von Informationen mit ein, die aus Sicht des Projekts KartAL IV sehr wertvoll sind, darunter z. B. die Materialmengen der Hauptbaustoffe, zu erwartende Austauschzyklen der Haustechnik sowie Recyclingfreundlichkeit und Schadstoffbelastungen. Entsprechend stellt die Dokumentation der Nachhaltigkeitsbewertung eine hervorragende Datenquelle dar.
Das Format für die Dokumentation ist im „Handbuch Prüfungsunterlage für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" niedergelegt. Aufgelistet ist eine Vielzahl von dazu benötigten Dokumenten, aufgeteilt nach BNB-Kriterien und die Struktur der Dokumentation. Diese muss sowohl digital als auch als Ausdruck erfolgen.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☒ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Die Kriterien 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5 und 1.1.6 beziehen sich auf die Ökobilanz des Bauwerks und zur Bewertung dieser Kriterien werden sowohl Informationen über Materialarten und –mengen, als auch deren Austauschzeitpunkte und Recyclingmöglichkeiten benötigt. Für die Bewertung der Umweltrisiken werden dabei auch Informationen zur Einbaulage der Materialien (Kontakt zu Boden, Wasser, Innen-/Außenluft, usw.) und Schadstoffbelastungen gebraucht.
Auch für das Kriterium der Lebenszykluskostenrechnung (2.1.1) werden Informationen über Materialarten und –mengen benötigt, meist aufgeteilt nach Kostengruppen.
Kriterium 4.1.4 thematisiert den Rückbau, auch hier sind Informationen zu Materialarten und –mengen und deren Einbauort gefragt, darüber hinaus werden die Art der Verbindung der Schichten, bzw. der zu erwartende Verschmutzungsgrad und Recyclingmöglichkeiten berücksichtigt.
Kriterium 5.1.3 betrifft die Planung, wofür ebenfalls Informationen zu Materialarten und –mengen und die damit verbundenen Recyclingmöglichkeiten einbezogen werden.
Auch für die Bewertung von Kriterium 5.1.5, das sich auf die Bewertung der Bewirtschaftung bezieht, können Informationen zu Materialarten und –mengen herangezogen werden.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☒ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	teilweise
☒ Altersangaben	Baujahr, Austauschzyklen
☒ Einbauort	Aus Schichtenaufbau der Bauteile für Kriterium 4.1.4
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒	☒	☒
Materialmengen	☒	☒	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☒	☒		
Einbauort	☒	☒		☐
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒			
Verschmutzungsgrad	☒	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☒	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☒	☐		

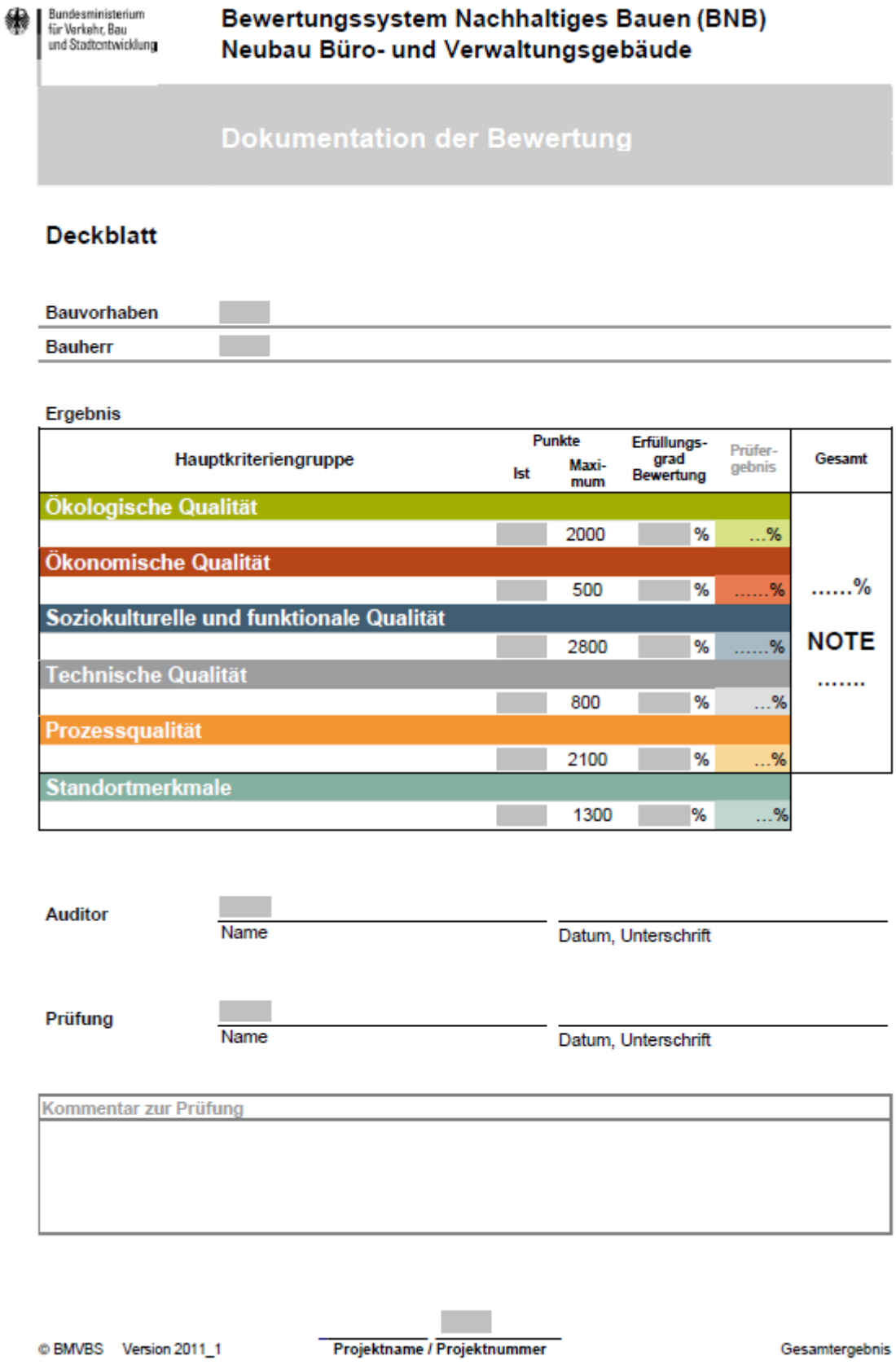
Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Kriterium 4.1.4 wird vom IBO im Auftrag des BBR derzeit neu gefasst.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen:
https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/ https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/bnb-unterrichtsgebaeude/bnb-un-2017/kriterien-bnb-unterrichtsgebaeude-neubau-bnb-un.html https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/BNBHandbuch/BNB_BN_2011_1-Pruefhandbuch-gesamt.pdf https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/veroeffentlichungen/Bewertungssystem_Nachhaltiges_Bauen.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 102 Beispiel: Deckblatt der Dokumentation der BNB-Nachhaltigkeitsbewertung



Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)
Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude

Dokumentation der Bewertung

Deckblatt

Bauvorhaben

Bauherr

Ergebnis

Hauptkriteriengruppe	Punkte Ist	Punkte Maximum	Erfüllungsgrad Bewertung	Prüfergebnis	Gesamt
Ökologische Qualität		2000	%	...%	
Ökonomische Qualität		500	%	.....%	.....%
Soziokulturelle und funktionale Qualität		2800	%	.....%	NOTE
Technische Qualität		800	%	...%	.....
Prozessqualität		2100	%	...%	
Standortmerkmale		1300	%	...%	

Auditor — Name — Datum, Unterschrift

Prüfung — Name — Datum, Unterschrift

Kommentar zur Prüfung

© BMVBS Version 2011_1 — Projektname / Projektnummer — Gesamtergebnis

Abbildung 103 Beispiel: Auszug aus Anhang

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)
Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude

Dokumentation der Bewertung

	Anzahl Arbeitsplätze / Raumnutzung	Fläche Arbeitsplatz	Anzahl Räume
Sonstige ständig genutzte Arbeitsplätze	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	
	Raumnutzung	**Raumfläche**	**Anzahl Räume**
Konferenz- und Besprechungsräume	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	
	/	m²	

5. Baukonstruktion	
Gründung	
Kelleraußenwände	
Außenwände	
Innenwände, tragende	
Innenwände, nicht tragende	
Decken	
Treppen	
Dach	
Fenster	
Außentüren	
Innentüren	

Abbildung 104 Beispiel: Dokumentation für Kriterium 1.1.1 (Auszug)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)
Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude **1.1.1**

Hauptkriteriengruppe	**Ökologische Qualität**
Kriteriengruppe	**Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt**
Kriterium	**Treibhauspotenzial (GWP)**

	Für das vereinfachte Rechenverfahren für Herstellung ist Folgendes zu dokumentieren:		
☐	Mengenermittlung der Hüllflächen (Außenwände inkl. Fenster, Beschichtungen und Bekleidungen sowie Geschossdecken inkl. Fußbodenaufbau und -beläge / Beschichtungen und Dach) aus der Berechnung DIN V 18599 und Zuordnung zu bilanzierten Bauteilen		
☐	Fenster/ Fenstertüren/ Pfosten-Riegel-Fassade: Angabe von Rahmenanteil, Darstellung Schnitt des Haupt-Profilsystems, Anzahl öffenbare Fenster, Verglasungsart		
☐	Mengenermittlung Innenwände und Stützen (inkl. Beschichtungen) sowie Plausibilitätsnachweis über Grundrisse und eingezeichneten Typen von Innenwänden / Stützen		
☐	Innentüren: Menge (Anzahl und Fläche) sowie Benennung der wichtigsten Typen, Darstellung der Berechnung		
☐	Mengenermittlung Geschossdecken (inkl. Fußbodenaufbau und -belägen / Beschichtungen), gegliedert nach Stockwerken		
☐	Darstellung der Bauteile als Schichtfolge, Schichtdicken, angesetzten Rohdichten mit Zuordnung zum verwendeten Datensatz der Ökobau.dat		
☐	Darstellung Mengenermittlung Fundamente		
☐	Bei Stahlbeton ist der Bewehrungsanteil in kg/m² bzw. kg/m³ Bauteil anzugeben. Alternativ kann der Bewehrungsstahl über eine Gesamtaufstellung für das Projekt nachgewiesen werden		
☐	Dokumentation Wärmeerzeugungsanlage		

☐	Sonstiges:		

Kommentar zur Prüfung

© BMVBS Version 2011_1 Projektname / Projektnummer Unterlagen 2

Abbildung 105 Beispiel: Dokumentation für Kriterium 4.1.4 (Anm.: vor Neufassung)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)
Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude **4.1.4**

Hauptkriteriengruppe	**Technische Qualität**
Kriteriengruppe	**Technische Ausführung**
Kriterium	**Rückbau, Trennung und Verwertung**

Eingereichte Unterlagen

Nachweis:

Verwendung von recyclingfähigen Baustoffen und Bauteilen sowie abfallarmer Konstruktionen, die die Möglichkeit eines sortenreinen Rückbaus erlauben

☒	Dokumentation	Anlage Nr.	vorhanden
☐	Dokumentation der Hüllfläche gemäß EnEV sowie der nicht thermisch konditionierten Hüllfläche		
☐	Grundrisspläne, Schnitte, Ansichten		
☐	Flächenberechnung nach DIN 277 (Übersicht der Ergebnisse)		
☐	Dokumentation der Baukonstruktion mittels Auszüge aus Baubeschreibung, Ausschreibungstexten und Detailplänen		
☐	Dokumentation der Berechnung der Recyclingfaktoren aller wesentlichen Bauteile *mittels bereitgestellter mde-Datei (siehe Handbuch Kap. 3.2). Die Verwendung dieser Datei ist erforderlich!*		
☐	Sonstiges:		

Kommentar zur Prüfung

Tabelle 83 Instrumentensteckbrief Zertifizierungen, Ratings

Zertifizierungen, Ratings	**Ordnungsnr. IB40**

Beschreibung des Instruments

Die Instrumente Zertifizierung und Rating im Sinne des Projekts KartAL IV beinhalten sowohl alle Protokolle und Systeme, nach denen Bauwerke oder Bauprojekte hinsichtlich verschiedener Aspekte der Nachhaltigkeit zertifiziert, bewertet oder geratet werden, als auch die verliehenen Auszeichnungen, Zertifizierung und Rating und die damit verbundene Dokumentation der Zertifizierungsvorgänge und der benötigten und erhobenen Informationen. Diese Gruppe von Instrumenten betrifft in erster Linie öffentliche Bauherren oder ähnliche Institutionen, auch institutionelle Bauherren und Eigentümer von Bauwerken können eine Zertifizierung anstreben. Auf private Bauherren dürfte dies in den seltensten Fällen zutreffen, es sei denn, die Zertifizierung ist Bedingung für öffentliche Fördermittel, die jene erhalten können. Es gibt ein breites Angebot an Zertifizierungssystemen, die sich an öffentliche Gebäude (z. B. das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – BNB), Gebäude und Quartiere (z. B. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.) oder kleinere Wohnhäuser (z. B. Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau – BNK) richten. Teilweise sind Zertifizierungsprogramme auch räumlich eingeschränkt und werden nur in einer Stadt oder einem Stadtteil vergeben (z. B. Umweltzeichen Hafencity Hamburg).

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☒ Bund	☐ Land	☒ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Bei der Ökobilanzierung oder Nachhaltigkeitsbewertung wird eine Vielzahl von Informationen zur materiellen Zusammensetzung von Bauwerken benötigt, die praktisch das ganze Spektrum des Informationsbedarfes abdeckt, der im Rahmen des Projekts auf Bauwerksseite untersucht wird. Dadurch sind Ökobilanzierung oder Nachhaltigkeitsbewertung einerseits wichtige Datenquellen, begründen aber auch einen Bedarf nach einer systematischen und detaillierten Bauwerksdokumentation.
Ein Beispiel dafür ist das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB):
Dieses besteht aus zahlreichen ‚Kriterien' der ökologischen, ökonomischen, soziokulturellen, technischen und Prozessqualität sowie der Standortqualität, mit deren Hilfe die Nachhaltigkeit eines Bauwerks bewertet wird.
Zur Bewertung vieler dieser Kriterien sind verschiedenste Informationen zur materiellen Zusammensetzung des Bauwerks nötig, beziehungsweise lässt die Dokumentation der Nachhaltigkeitsbewertung Rückschlüsse auf verschiedene Aspekte der materiellen Zusammensetzung des Bauwerks zu:
Die Kriterien 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5 und 1.1.6 beziehen sich beispielsweise auf die Ökobilanz des Bauwerks und zur Bewertung dieser Kriterien werden sowohl Informationen über Materialarten und -mengen, als auch deren Austauschzeitpunkte und Recyclingmöglichkeiten benötigt. Für die Bewertung der Umweltrisiken werden dabei auch Informationen zur Einbaulage der Materialien (Kontakt zu Boden, Wasser, Innen-/Außenluft, usw.) und Schadstoffbelastungen gebraucht.
Auch für das Kriterium der Lebenszykluskostenrechnung (2.1.1) werden Informationen über Materialarten und –mengen benötigt, meist aufgeteilt nach Kostengruppen.
Kriterium 4.1.4 thematisiert den Rückbau, auch hier sind Informationen zu Materialarten und –mengen und deren Einbauort gefragt, darüber hinaus werden die Art der Verbindung der Schichten, bzw. der zu erwartende Verschmutzungsgrad und Recyclingmöglichkeiten berücksichtigt.
Kriterium 5.1.3 betrifft die Planung, wofür ebenfalls Informationen zu Materialarten und –mengen und die damit verbundenen Recyclingmöglichkeiten einbezogen werden.
Auch für die Bewertung von Kriterium 5.1.5, das sich auf die Bewertung der Bewirtschaftung bezieht, können Informationen zu Materialarten und -mengen herangezogen werden

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☒ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒	☒	☒
Materialmengen	☒	☒	☒	☒
Materialqualitäten	☒	☒		
Austauschzeitpunkte	☒	☒		
Einbauort	☒	☒		☒
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒			
Verschmutzungsgrad	☒	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☒	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☒	☒		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/ Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB e.V.): https://www.dgnb.de/de/index.php https://www.hafencity.com/upload/files/listitems/Das_Umweltzeichen_HafenCity.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 106 Zertifizierung, Ratings

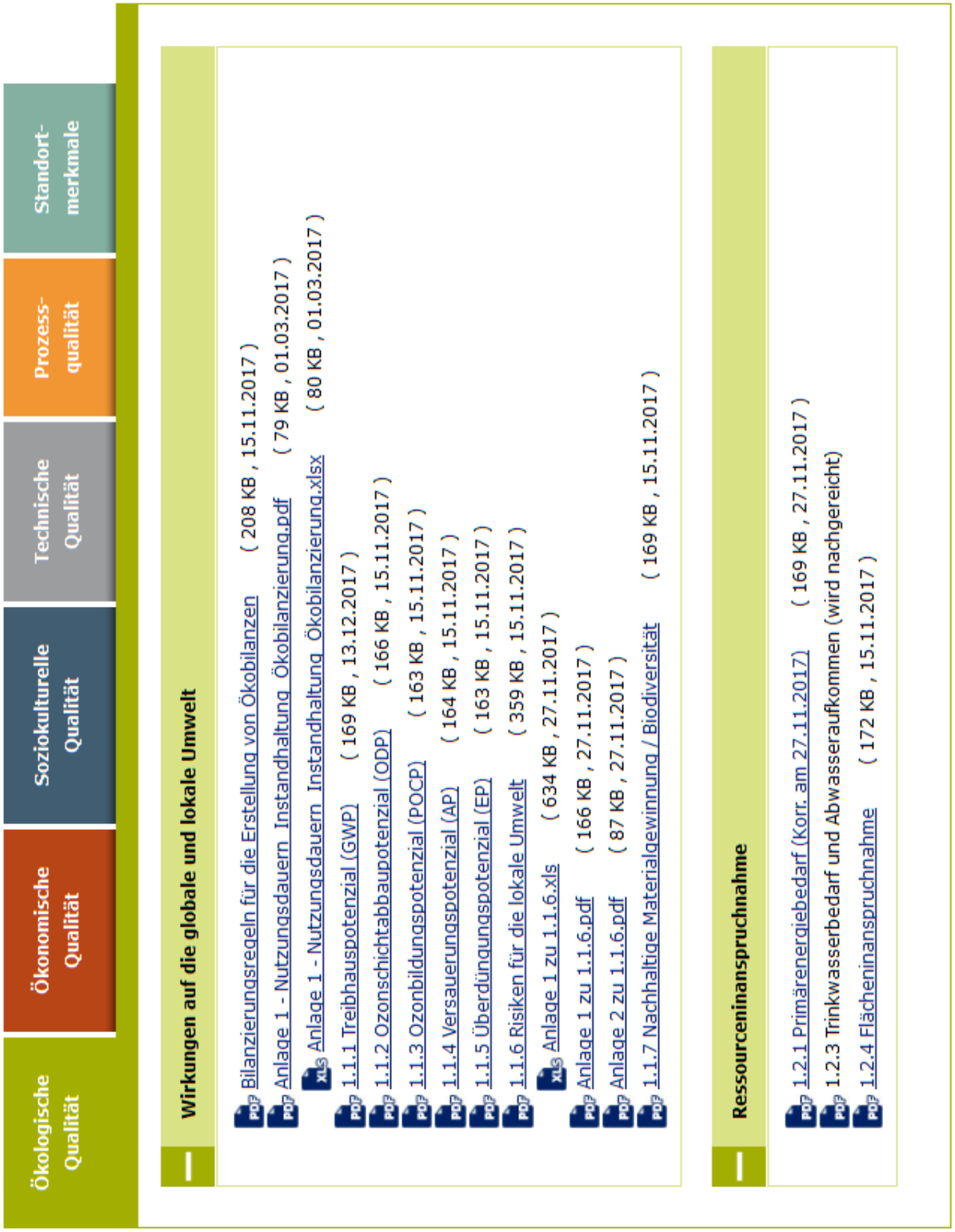


Tabelle 84 Instrumentensteckbrief Due-Diligence-Reports/Risikobewertung

Due-Diligence-Reports/Risikobewertung	**Ordnungsnr. IB41**

Beschreibung des Instruments

Als Due-Diligence-Report, beziehungsweise Risikobewertung wird im Rahmen des Projekts KartAL IV die Dokumentation einer Due-Diligence-Prüfung oder Risikobewertung betrachtet, die in der Regel von einem Steuerberater, Anwalt, Wirtschaftsprüfer oder ähnlicher Dienstleister auf Veranlassung eines Käufers einer Immobilie vorgenommen wird. Due Diligence kann dabei als die „im Verkehr gebotene Sorgfalt“ verstanden werden und spielt eine wichtige Rolle für die Wertermittlung des Objekts.
Unterschieden wird die „Technical Due Diligence“, bei der der technische Zustand von Bauwerken und baulichen Anlagen analysiert wird, insbesondere zur Bewertung des Instandhaltungs- und Instandsetzungszustands und des Modernisierungspotenzial. Das „Environmental Due Diligence“ dagegen bewertet die Umweltqualität des Standortes eines Bauwerkes und der baulichen Anlagen. Neben möglichen Altlasten werden (Boden-)Belastungen in der Bausubstanz oder aus der Nutzung untersucht, die beispielsweise aus dem Betrieb von Tankstellen oder chemischen Reinigungen stammen können. Gegebenenfalls wird auch die Energieeffizienz des Bauwerks analysiert.
Eine Risikobewertung kann beispielsweise anhand der VÖB-Immobilien-Analyse des Bundesverbands öffentlicher Banken vorgenommen werden.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☒ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Im Due-Diligence-Report, beziehungsweise in der Risikobewertung, werden nur indirekt Informationen zur materiellen Zusammensetzung eines Bauwerkes dokumentiert, nämlich insofern diese sich auf dessen Stärken, Schwächen und das Risikoprofil auswirken. Es können aber Informationen zu den (Rest-)Nutzungsdauern der Bauteile, der Bauweise des Bauwerks und möglicherweise enthaltenen Schadstoffen und gegebenenfalls auch zu den verwendeten Materialarten enthalten sein.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	ggf.
☐ Materialmengen	
☐ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	ggf.
☐ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☒
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☒	☒		
Einbauort	☐	☐		☐
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.voeb-service.de/fileadmin/user_upload/Fachpublikation_VOEB-Immobilienanalyse_September_2006.pdf https://www.voeb-service.de/bankensoftware/voeb-immobilienanalyse/

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 107 Due-Diligence-Reports/Risikobewertung

Ausprägungsskala in der VÖB-Immobilienanalyse

exzellent	sehr gut	gut	leicht über Ø	Ø	leicht unter Ø	mäßig	schlecht	sehr schlecht	katastro-phal
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

BAUTEILKATALOG
für BNB-Steckbrief 4.1.4 Version 2015
Stand BBSR-Bauteilkatalog: 28.11.2016

Bewertung der Eignung	
++	sehr günstig
+	günstig
Ø	durchschnittlich
-	ungünstig
--	sehr ungünstig

Bearbeiter projektspezifischer Katalog:
Datum projektspezifischer Katalog:
Projekt:
BNB-Nummer:

lfd. Nr.	Kategorie	Bauteilbezeichnung	Kurzbeschreibung Schichtenaufbau	Rückbau	Trennung	Verwertung	lfd. Nr. Katalog	R-Faktor	Schicht 1 (innen / unten)	Schicht 2	Schicht 3
Gründung											
1	GRÜ Gründung	Streifenfundament	StB.	Ø	+	+	1 GRÜ	6,75	Stahlbeton (Ortbeton)		
2	GRÜ Gründung	Bohrpfahl Tiefgründung	StB.	--	+	+	2 GRÜ	5,25	Stahlbeton (Ortbeton)		
3	GRÜ Gründung	Bodenplatte	Epoxy; CT; StB.; Bitumenbahn; XPS; Leichtbet.; PE; Kies	Ø	Ø	Ø	3 GRÜ	5,00	Epoxidharzbeschichtung	Estrich - Zement	Stahlbeton (Ortbeton)
Eigenes Bauteil (Gründung):											
1	GRÜ-E Gründung			--	Ø	++	1 GRÜ-E	5,50			
		Gründung hinzufügen		0,00	5	10					
Außenwand Erdreich											
1	AER Außenwand erdberührt	gedämmte Kelleraußenwand	gipsfr.Putz; StB.; Bitumenbesch.; XPS	Ø	+	+	1 AER	6,75	Putz - nicht gipshaltig	Stahlbeton (Ortbeton)	Bitumenbeschichtung
Eigenes Bauteil (Außenwand Erdreich):											
1	AER-E Außenwand erdberührt						1 AER-E				
		erdberührte Außenwand hinzufügen									
Außenwand massiv											
1	AMA Außenwand massiv	einschalige AW aus por. HLZ	Keramik; gipsfr.Putz; por.HLZ; gipsfr.Putz	+	+	Ø	1 AMA	6,50	Steingut, Steinzeug, sonstige Keramik	Putz - nicht gipshaltig	Porosierte Hochlochziegel
2	AMA Außenwand massiv	einschalige AW aus por. HLZ	Keramik; gipsfr.Putz; por.HLZ mit Dämmf.; gipsfr.Putz	Ø	Ø	Ø	2 AMA	5,00	Steingut, Steinzeug, sonstige Keramik	Putz - nicht gipshaltig	Porosierte Hochlochziegel mit Dämm
3	AMA Außenwand massiv	einschalige AW aus Leichtbeton	gipsfr.Putz; Leichtbet.; gipsfr.Putz	+	+	Ø	3 AMA	6,50	Putz - nicht gipshaltig	Leichtbeton	Putz - nicht gipshaltig
4	AMA Außenwand massiv	einschalige AW aus Porenbeton	gipsfr.Putz; Porenbet.; gipsfr.Putz	+	Ø	-	4 AMA	4,75	Putz - nicht gipshaltig	Porenbeton	Putz - nicht gipshaltig
5	AMA Außenwand massiv	einschalige AW aus Leichtbeton	gipshal.Putz; Leichtbet.; gipsfr.Putz	Ø	-	--	5 AMA	2,25	Putz - gipshaltig	Leichtbeton	Putz - nicht gipshaltig
6	AMA Außenwand massiv	einschalige AW aus por. HLZ	gipshal.Putz; por.HLZ mit Dämmf.; gipshal.Putz	Ø	-	--	6 AMA	2,25	Putz - gipshaltig	Porosierte Hochlochziegel mit Dämmfüllung	Putz - gipshaltig
7	AMA Außenwand massiv	mehrschalige AW mit WDVS	gipsfr.Putz; StB.; MW; gipsfr.Putz	Ø	+	+	7 AMA	6,75	Putz - nicht gipshaltig	Stahlbeton (Ortbeton)	Dämmstoff - Mineralwolle
8	AMA Außenwand massiv	mehrschalige AW mit VHF	gipsfr.Putz; StB.; MW; Al-UK; Faserzem.	Ø	+	+	8 AMA	6,75	Putz - nicht gipshaltig	Stahlbeton (Ortbeton)	Dämmstoff - Mineralwolle
9	AMA Außenwand massiv	AW Sb mit hinterlüfteter Natursteinfassade	StB.; MW; St.-UK; Naturst.	+	+	+	9 AMA	7,50	Stahlbeton (Ortbeton)	Dämmstoff - Mineralwolle	Unterkonstruktion - Stahl

Abbildung 108 Due-Diligence-Reports/Risikobewertung: Ausprägungen zum Bewertungskriterium - Gebäudekontamination

Ausprägungen zum Bewertungskriterium

3.5.5. Gebäudekontamination

1	nachweislich unbelastete Baustoffe/Bauteile; attestiert schadstofffrei
2	Baustoffe/Bauteile ohne Verdacht auf Belastungen; vermutlich schadstofffrei
3	Verdacht auf schwach belastete Baustoffe/Bauteile; schadstoffarm und gesundheits-unbedenklich vermutet
4	Verdacht auf Belastung in geringem Umfang (nur Bauteile betreffend, von denen bei sachgerechtem Gebrauch der Immobilie keine Gefahr ausgeht), keine Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe
5	Verdacht auf Belastung in geringem Umfang (nur Bauteile betreffend, von denen bei sachgerechtem Gebrauch der Immobilie keine Gefahr ausgeht); keine Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe in Aufenthaltsräumen
6	Verdacht auf Belastung in mittlerem Umfang (auch Bauteile betreffend, mit denen der Nutzer selten in Kontakt kommt); vereinzelt Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe
7	Verdacht auf Belastung in mittlerem Umfang (auch Bauteile betreffend, mit denen der Nutzer häufiger in Kontakt kommt); deutliche Anzeichen für gesundheitsbedenkliche Schadstoffe
8	Verdacht auf Belastung in größerem Umfang; gesundheitsbedenklich
9	bestätigte Belastung in größerem Umfang; attestiert gesundheitsbedenklich
10	bestätigte Belastung in größerem Umfang; attestiert gesundheitsschädlich

Tabelle 85 Instrumentensteckbrief Hausakte/Gebäudepass

Hausakte/Gebäudepass	**Ordnungsnr. IB42**

Beschreibung des Instruments

Die Hausakte dient der Unterstützung des Bauherrn bei der Sammlung und Zusammenstellung von Unterlagen aus der Planungs-, Bau- und Nutzungszeit zur Bauwerksdokumentation. Die einmal geschaffene Unterlage macht während der Lebensdauer des Gebäudes Aktualisierungen und Anpassungen möglich und kann individuell ergänzt werden. Eine Hausakte weist konzeptionell den Ansatz zur Aktualisierung und Fortschreibung der stofflichen Zusammensetzung von Bauwerken auf. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gibt eine Gliederungsempfehlung für die Hausakte heraus, die auch eine Vorlage für den Gebäudepass beinhaltet.
Der Gebäudepass als Teil der Hausakte richtet sich insbesondere an neu erbaute Einfamilienhäuser und wird empfohlen, um die wichtigsten beim Neubau vorhandenen Daten des Gebäudes zum Zeitpunkt der Fertigstellung zusammenzufassen und damit Planung, Konstruktion und Ausbau transparent nachvollziehbar und vergleichbar zu machen.
Bauherren und potenzielle Käufer sollen auf diese Weise einen systematischen Überblick über die baulichen und energetischen Eckwerte einer Immobilie erhalten, während Kreditgeber die hinterlegten Daten für die Wertermittlung heranziehen können. Der Zweck von Hausakte und Gebäudepass ist nicht, bestimmte Eigenschaften, Leistungsstufen oder Standards zu bewerten oder zu zertifizieren. Bauherren können aber Bewertungen oder Zertifizierungen anstreben und dafür auf Hausakte oder Gebäudepass zurückgreifen und die erreichte Zertifizierung in der Hausakte dokumentieren.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

In der Hausakte sind zunächst der Bauherr, der Eigentümer, der Entwurfsverfasser, die (Fach-)Planer, die (Fach-)Bauleiter und andere Erbringer von Bauleistungen sowie das Baujahr dokumentiert.
Die Bauweise aller Bauwerksteile wie Gründung, (Keller-)Außen- und Innenwänden, Decken, Treppen, Dach, Fenstern und Türen kann separat beschrieben werden. Für die haustechnischen Anlagen wie die Warmwasserbereitung, Heizungs-, Lüftungs, Sanitär-, Abwasser- und Starkstromanlagen, sowie Anlagen zur Gewinnung regenerativer Energien sollen eine Beschreibung oder ein Prospekt, eine Betriebsanleitung sowie Hinweise zur Regelung und Steuerung hinterlegt werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, die im Innenausbau verwendeten Materialien wie Bodenbeläge, Kleber, Farben und Lacke zu dokumentieren.
In der Hausakte können auch Planungs- und Ausführungsunterlagen wie die Baugenehmigung oder Bauanzeige, Lagepläne, Baubeschreibungen und –zeichnungen sowie Berechnungen, bautechnische Nachweise und ein Sicherheits- und Gesundheitsplan (SiGe-Plan) hinterlegt werden.
Der zweite Teil der Hausakte betrifft die Dokumentation während der Nutzungszeit, zum Beispiel die Protokolle von Inspektion und Wartung, Instandhaltung, Erhaltung und Modernisierung
Der Gebäudepass ist der Hausakte vorangestellt und enthält eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Akteure und Kennwerte des Bauwerks sowie eine Beschreibung der Bauwerksteile und technischen Anlagen.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☐ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	Gegebenenfalls in der Beschreibung oder Prospekten hinterlegt
☒ Altersangaben	Aus (Ein-)Baujahr und Dokumentation ableitbar
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒ ggf.	☒ ggf.	☒
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☒ ggf.	☐		
Einbauort	☒	☐		☐
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒ ggf.			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Vorlage des BBSR: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/KostenguenstigQualitaetsbewusstBauen/Downloads/Hausakte.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 109 Hausakte/Gebäudepass

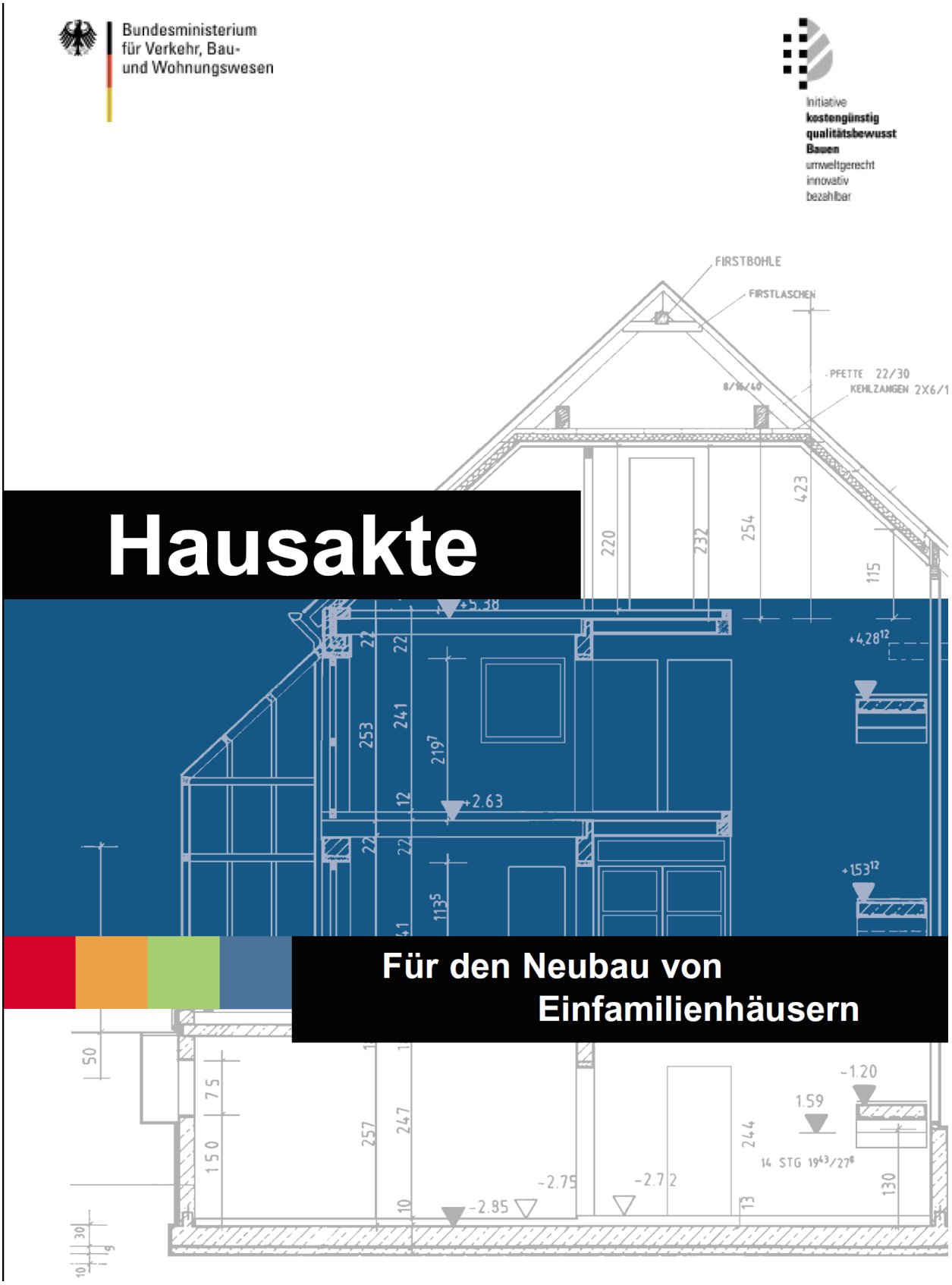


Tabelle 86 Instrumentensteckbrief LEGEP

LEGEP	**Ordnungsnr. IB43**
Beschreibung des Instruments	
LEGEP (LebenszyklusGebäudePlanung) ist eine modulare Software für die integrale Gebäudeplanung. Dabei können Anwender zur Schätzung und Berechnung des Kostenrahmens Gebäude aus Bauteilen anhand eines Bauteilkatalogs modellieren. Auf dieser Basis ist eine Mengenermittlung der benötigten Baumaterialien möglich. Anhand der Kostengruppen der DIN 276 kann eine Baukostenberechnung durchgeführt werden. Da die Elemente als bauphysikalische Schichtenmodelle hinterlegt sind ist es in LEGEP außerdem möglich, den Energiebedarf nach EnEV bzw. DIN 18599 zu berechnen. LEGEP beinhaltet auch Module für die Lebenszykluskostenberechnung (Herstellungs- und Nutzungskosten nach DIN 276), differenziert nach Phasen (Reinigung, Wartung, Instandsetzung, Rückbau), den direkten Energiebedarf (Heizung, Warmwasser, Elektrizität) und die Betriebskosten, die Erstellung des Energiebedarfsausweises und die Umweltbilanzierung (Stoffflüsse und Umweltwirkungen).	

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen
Die im System hinterlegten Produktdatenblätter enthalten neben weiteren Informationen die Basis-Produktdaten, eine Volldeklaration (Sammlung von Substanzen mit Zusatzinformationen), ein Sicherheitsdatenblatt und ein technisches Datenblatt. Welche Informationen zur materiellen Zusammensetzung eines Gebäudes bei der Anwendung der LEGEP-Software benötigt werden, hängt von den gewählten Modulen ab, in der Regel werden aber die verwendeten Materialien, zusammen mit Materialmengen und –qualitäten und gegebenenfalls auch Schadstoffen erfasst.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☒ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	
☐ Altersangaben	
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒	☐	☒
Materialmengen	☒	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☒	☐		☐
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

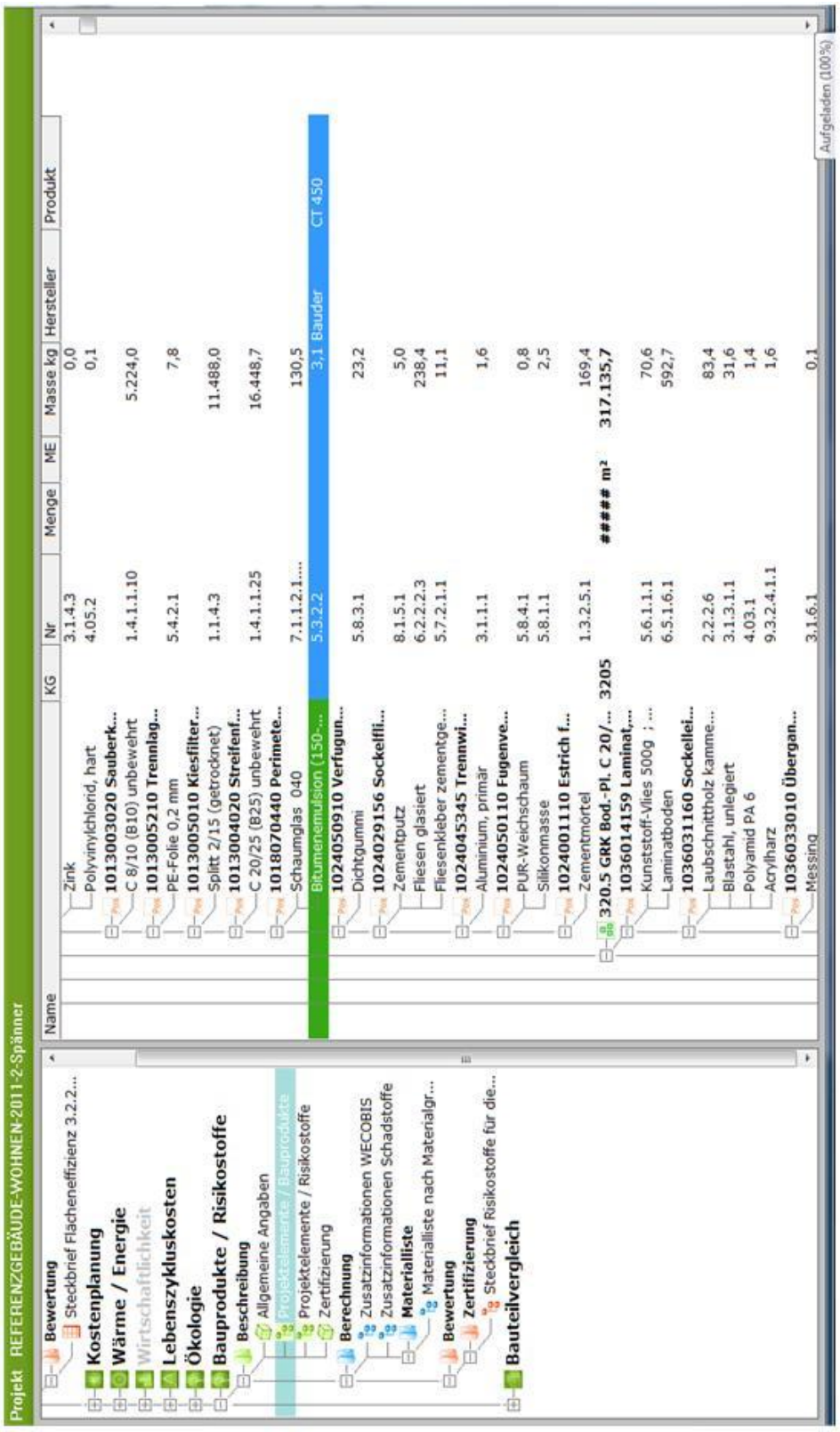
Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
LEGEP-Homepage: https://legep.de/ Abschlussbericht des Projekts: https://www.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-24184.pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 110 Screenshot LEGEP-Software



Quelle: König, H. (2003): LEGEP – Bauprodukte & Risikostoffe. https://legep.de/produkte/legep-bauprodukte-und-risikostoffe/

Tabelle 87 Instrumentensteckbrief eLCA

eLCA	**Ordnungsnr. IB44**
Beschreibung des Instruments	
eLCA (electronic Life Cycle Assessment) ist ein Berechnungswerkzeug zur Erstellung von Ökobilanzen für Bauteile in der Planung von Bauwerken. Es wurde mit öffentlichen Mitteln erarbeitet und steht – nach einer Registrierung der Nutzer – zur kostenfreien Anwendung zur Verfügung. Das Tool bietet unter anderem die Möglichkeit, bei einer EnEV-Berechnung mit dem Energieplaner des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI) Projektdaten direkt für die Ökobilanzierung zu verwenden. Wenn bereits eine Energiebedarfsberechnung für das geplante Bauwerk im BKI-Energieplaner hinterlegt ist, werden über die Schnittstelle alle relevanten Daten der Kostengruppen 300 und 400 (nach DIN 276) aus dem Energieplaner exportiert. Sobald der Import in eLCA erfolgt ist, werden den in der EnEV-Berechnung modellierten Bauteilen automatisch die entsprechenden ökologischen Parameter aus der Baustoff-Datenbanken ÖKOBAUDAT des BBSR zugeordnet. Eine Auswertung liegt unmittelbar als Massenbilanz für alle verwendeten Bauteile und Technikkomponenten vor, auswertbar nach Lebenszyklusphasen und Bauteilgruppen.	

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☒ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen
Für die Anwendung von eLCA werden alle Bauteile nach den Kostengruppen 300 und 400 nach Fläche oder Stückzahl erfasst. Anhand der Schichtdicken, beziehungsweise dem Gewicht pro Stück könnten nachträglich auch Materialmengen geschätzt werden. Dabei können die Daten auch aus einer Energiebedarfsberechnung im BKI-Energieplaner importiert werden.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	nach Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276
☐ Materialmengen	könnten anhand der Schichtdicken bzw. Gewicht/Stück geschätzt werden
☒ Materialeigenschaften	nach Kostengruppen 300 und 400 der DIN 276
☒ Altersangaben	überschreibbare zu erwartende Lebensdauer aus Datenbank vorgegeben
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☒
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☒	☒		
Einbauort	☒	☒		☒
Einbaulage/-situation	☒	☒		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
eLCA-Tool: https://www.bauteileditor.de/ Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern: http://www.bki.de/zum-elca-online-tool.html Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276:2018-12

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 111 Screenshot eLCA

Quelle: BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern) (2018): Informationen zur Ökobilanzierung mit eLCA, unterstützt durch den BKI Energieplaner. http://www.bki.de/zum-elca-online-tool.html (02.01.2019).

Tabelle 88 Instrumentensteckbrief (Muster-)Baubeschreibung

(Muster-)Baubeschreibung	**Ordnungsnr. IB45**

Beschreibung des Instruments

Baubeschreibungen dienen dem Zweck einer detaillierten Spezifikation eines zur künftigen Errichtung geplanten Gebäudes. Sie enthalten u. a. Angaben zur Bauweise, zur Art der geplanten Bauausführung sowie zur Art der einzusetzenden Materialien. Häufig erfolgt die Baubeschreibung detailliert für einzelne Bauwerksteile.
Beantragt ein Immobilienkäufer oder Bauherr eine private Immobilienfinanzierung, muss er für die Kreditbewilligung unter anderem eine Baubeschreibung bei seiner Bank einreichen. Die Baubeschreibung wird damit Bestandteil des Bauvertrags. Steht die Errichtung des Bauwerks im Zusammenhang mit einem Grundstückskauf oder wird es von einem Bauträger erworben, muss die Baubeschreibung als Bestandteil des Kaufvertrags notariell beurkundet werden. Die Baubeschreibung dient gewerblichen Verkäufern als Beschreibung des Leistungsumfangs. Daher enthält sie sowohl auszuführende als auch nicht erbrachte Leistungen und meist auch Änderungs- und Haftungsausschlüsse.
Die Baubeschreibung ist im Zusammenhang mit einem Bauantrag vorzulegen, die Architektenkammern halten entsprechende Formulare vor. Zum Thema der Muster-Baubeschreibung stellen die Verbraucherzentralen umfangreiche Informationen zur Verfügung.
Da die Baubeschreibung bei einem Bauantrag öffentlichen Stellen zur Verfügung gestellt werden muss, weist sie ein Potenzial als auswertbare Informationsquelle auf. Voraussetzung sind eine weitere Vereinheitlichung von Inhalt und Struktur sowie eine Maschinenlesbarkeit.
Vorlagen für eine Musterbaubeschreibung sind bei den Verbraucherzentralen erhältlich, die Architektenkammern stellen ebenfalls Vorlagen für Baubeschreibungen bereit, zum Beispiel die Architektenkammer von Nordrhein-Westfalen.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☒ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Gebäudetyp, Flächen und Rauminhalte, Bauteile (inkl. Wärmedämmung). mit Schichtdicken und Materialien (teilweise mit Hersteller- und Produktnamen), Dichtungsmaterialien, (Gips-)Putz, Estrich, Anstrich, Material der Rohre, Hersteller und Modell der Heizungs-/Warmwasseranlage, Fliesen, Bodenbeläge u.Ä. inkl. Verlegungsart und Kleber

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☐ Materialmengen	Könnte teilweise aus Schichtdicken geschätzt werden
☐ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	
☒ Einbauort	
☐ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☒	☒	☐
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☐	☒		☐
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Alle enthaltenen Informationen beziehen sich auf ein frühes Stadium der Planung, es können also nicht ohne weiteres Aussagen über die materielle Zusammensetzung des fertigen Gebäudes getroffen werden, insbesondere nicht zu späteren Zeitpunkten in dessen Lebenszyklus, wenn bereits weitere Veränderungen vorgenommen worden sind.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Musterbaubeschreibung der Verbraucherzentrale: https://www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/bauen-wohnen/die-muster-baubeschreibung-46007248 Architektenkammer NRW: https://www.aknw.de/mitglieder/service/downloads/

Bearbeiter/in (Version): *KM01*

Abbildung 112 Beispiel: Auszug aus Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände e.V. (2000): Musterbaubeschreibung

4.3 Erd,- Ober- und Dachgeschoss

4.3.1 Außenwände

Dicke der Außenwandkonstruktion = ____ mm
k-Wert der Gesamtkonstruktion = ____ W/m²K
Schalldämm-Maß R'_w = ____ dB

Konstruktion/Material/Wärmedämmung

☐ Massivwand
- ☐ einschalig ☐ zweischalig
- ☐ Stahlbeton ☐ Leichtbeton ☐ Beton

Ausführung mit
- ☐ Ortbeton
- ☐ Betonfertigteilen aus (Material): _____
- ☐ Schalungssteinen aus (Material): _____
- ☐ Mauerwerk aus (Material): _____
- ☐ Sonstiges: _____

Wärmedämmung

Hersteller: _____

Material: _____

Bezeichnung: _____

Wärmeleitfähigkeitsgruppe, WLG = ____
d = ____ mm

☐ Wärmedämmstein (Übergang Bodenplatte–Wände)

aus (Material): _____

☐ Leichtbauwand

Bauweise/Tragkonstruktion: _____

Material: _____

Querschnitt ____ / ____ mm

☐ Innere Verkleidung/Beplankung

Material: _____

d = ____ mm Anzahl der Lagen ____

Emissionsklasse E ____ Anwendungsklasse V ____

☐ Installationsebene zwischen Dampfdiffusionsbremse und innerer Verkleidung, Tiefe = ____ mm

☐ Wärmedämmung innen

Hersteller: _____

Material: _____

Bezeichnung: _____

Wärmeleitfähigkeitsgruppe, WLG = ____
d = ____ mm

☐ Dampfdiffusionsbremse s_d-Wert ____ mm

☐ Wärmedämmung in der Tragkonstruktion

Hersteller: _____

Material: _____

Bezeichnung: _____

Wärmeleitfähigkeitsgruppe, WLG = ____
d = ____ mm

☐ Wärmedämmung auf der Tragkonstruktion

Hersteller: _____

Material: _____

Bezeichnung: _____

Wärmeleitfähigkeitsgruppe, WLG = ____
d = ____ mm

☐ äußere Verkleidung/Beplankung

Material: _____

d = ____ mm Anzahl der Lagen ____

Emissionsklasse E ____ Anwendungsklasse V ____

☐ Wärmedämmung im Bereich von Anschlussflächen
☐ Vermeidung von Wärmebrücken

Tabelle 89 Instrumentensteckbrief Makler-Exposé

Makler-Exposé	**Ordnungsnr. IB46**

Beschreibung des Instruments

Das Makler-Exposé stellt eine Beschreibung einer bestehenden oder geplanten Immobilie dar, die von einem Makler, möglicherweise im Auftrag eines anderen Eigentümers/Verkäufers, erstellt wird, um die Vermarktung des Objekts zu fördern.
Es gibt in der Immobilienbranche kein festgelegtes Format für Exposés, in der Regel sind aber ein Lageplan, Fotos und Grunddaten zum Objekt wie die Fläche, Kaufpreis/Miete, Baujahr und eine kurze Beschreibung des Objektes enthalten. Dabei sind auch Angaben über den Energieverbrauch, beziehungsweise Energiebedarf, verpflichtend (vgl. §16 der Energieeinsparverordnung EnEV: Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen).
Das zur Vermarktung aufbereitete Exposé ist in der Regel nicht Bestandteil eines späteren notariellen Kaufvertrags, da dieser von Rechts wegen auf Daten des Grundbuchs, amtlichen Katasterauszügen, Baulastenverzeichnisses und dem Baurecht beruht. Insofern ist auch eine Prospekthaftung des Exposé-Erstellers fraglich, zur Sicherheit wird aber meist trotzdem ein Haftungsvorbehalt oder -ausschluss in das Exposé aufgenommen.
Kommt es zu einer Zwangsversteigerung einer Immobilie, veröffentlichen auch Amtsgerichte oft eine Kurzform des Verkehrswertgutachtens als Exposé.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Das Makler-Exposé enthält in der Regel Pläne, Fotos und Grunddaten zum Objekt, wie Flächen oder das Baujahr.
Darin dürften kaum Informationen enthalten sein, die für ein Materialinventar oder gar ein Kataster relevant wären. Gegebenenfalls lassen sich die Bauweise und grobe Aussagen zu den Materialarten einzelner Bauteile aus dem Exposé ableiten. Darüber hinaus gilt zu bedenken, dass das Makler-Exposé der Vermarktung dient, die enthaltenen Informationen sind deshalb bestenfalls unzuverlässig, da der Makler einen Anreiz hat, ungünstige Informationen, wie beispielsweise Schadstoffbelastungen, auszulassen oder abzuschwächen.
Zur Erstellung des Makler-Exposés könnte eine detailliertere und fortlaufend gepflegte Bauwerksdokumentation gegebenenfalls hilfreich sein.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	ggf.
☐ Materialmengen	
☐ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	
☐ Einbauort	
☐ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☐
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☐	☐		☐
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
§16 EnEV – Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen: http://www.enev-online.com/enev_2014_volltext/16_ausstellung_verwendung_energieausweise.htm

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 90 Instrumentensteckbrief Entsorgungsnachweis

Entsorgungsnachweis	**Ordnungsnr. IB48**

Beschreibung des Instrumente

Beim Rückbau eines Bauwerks fällt eine Vielzahl verschiedener Sekundärmaterialien wie zum Beispiel Ziegel, Beton, Mauerwerk, Holz, Glas, Metalle, Kunststoff, Teer- und Asphaltdecken und Dämmstoffe an.
Das Kreislaufwirtschaftsgesetz fordert die Vermeidung, Wiederverwendung und Verwertung von Abfällen. So sind Rückbauabfälle auf der Baustelle getrennt zu erfassen, damit ein hoher Anteil davon verwertet werden kann. Schadstoffhaltige Materialien wie z. B. PCB-, PAK- oder asbesthaltige Baustoffe, Mineralwolle oder Altholz müssen zuvor ausgebaut und getrennt werden.
Die getrennte Erfassung belasteter und unbelasteter Abfälle ist auch in Hinsicht gestiegener Entsorgungspreise sinnvoll und die Erarbeitung eines Rückbau- und Entsorgungskonzeptes ist häufig auch Auflage für eine Abbruchgenehmigung.
Ein Rückbau- und Entsorgungskonzept ist immer dann vorzulegen, wenn das Bauwerk industriell oder gewerblich genutzt wurde, mit dem Anfall von besonders kritischen Materialien (z. B. PCB-, PAK- oder asbesthaltige Baustoffe) zu rechnen ist oder eine größere Menge Output an Sekundärmaterialien zu erwarten ist.
Mit einer Rückbaumaßnahme wird der Bauherr zum Abfallerzeuger, bzw. -besitzer. Er muss daher nicht nur die Bestimmungen der Bauordnung, sondern auch die entsprechenden Vorgaben des Abfall-rechts beachten.
Gemäß der Nachweisverordnung muss vorab die Möglichkeit der Entsorgung geprüft und der zuständigen Behörde ein Entsorgungsnachweis zugeleitet werden.
Zur Planung eines kontrollierten Rückbaus werden die aus Bauwerksunterlagen, -begehungen und Materialprobenentnahmen gewonnenen Daten erfasst und der zu erwartende Output an Sekundärmaterialien wird in besonders überwachungsbedürftige (in der Abfallverzeichnisverordnung mit einem Asterisk gekennzeichnet) aufgeteilt.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☒ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Für den Entsorgungsnachweis wird eine genaue Beschreibung und eine Mengenangabe des Outputs an Sekundärmaterialien benötigt. Insbesondere ist es wichtig zu wissen, ob der Output besonders überwachungsbedürftige Stoffe enthält oder enthalten könnte und inwieweit andere Teile des Outputs damit kontaminiert sind oder sein können. Gegebenenfalls sind auch (Deklarations-)Analysen der Materialien beizufügen.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☒ Materialmengen	
☐ Materialeigenschaften	
☐ Altersangaben	
☐ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☒
Materialmengen	☒	☒	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☐	☐		☒
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☒	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Nachweisverordnung: https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv_2007/BJNR229810006.html Beispiel für Entsorgungsnachweis: https://docplayer.org/21025459-Entsorgung-von-asbest-und-kuenstlichen-mineralfasern-kmf.html

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Tabelle 91 Instrumentensteckbrief EU-Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten – vorgeschaltete Abfallaudits

EU-Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten – vorgeschaltete Abfallaudits	**Ordnungsnr. IB49**

Beschreibung des Instruments

Die EU-Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten bieten Orientierungshilfen und Vorlagen zu sogenannten Abfallaudits, also dem bei Abbruch oder Umbau von Bauwerken vorgeschalteten Bewertungsverfahren von zu erwartenden Bau- und Abbruchabfallströmen. Die Leitlinie soll dazu dienen, die Verwertung von aus dem Abbruch oder Umbau von Bauwerken anfallenden Bauabfallströmen zu erleichtern und die Recyclingqualität zu verbessern. Die EU-Leitlinien richtet sich an Bauherren, Bau- und Abbruchunternehmen, Prüfer/Prüfteams, Behörden und Produkthersteller.

Als Bestandteil des Kreislaufwirtschaftspakets der EU-Kommission berücksichtigen die EU-Leitlinien auch die im europäischen Abbruchprotokoll umrissenen Sicherheitsmaßnahmen und –praktiken und sind mit der „Strategie für das Baugewerbe 2020“ und der „Mitteilung zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor“ sowie den Zielsetzungen der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG abgestimmt, nach denen bis 2020 siebzig Prozent der Bau- und Abbruchabfälle dem Recycling zugeführt werden sollen.

Die wichtigsten Aussagen der Leitlinien betreffen die Planung und Durchführung von Abbruch-, Umbau- oder Bauvorhaben und sollen Kostenvorteile erzielen und Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt verringern. Insbesondere sollen vor jedem Umbau- oder Abbruchvorhaben Abfallaudits durchgeführt und lokale Märkte für Bau- und Abbruchabfälle sowie für wiederverwendete und recycelte Materialien berücksichtigt werden.

Die EU-Leitlinien enthalten verschiedene Vorlagen für ein Materialverzeichnis in einfacher oder detaillierter Form, ein Verzeichnis der Konstruktionselemente und Empfehlungen zur Abfallbewirtschaftung und eine Zusammenfassung.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☐ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Der Bauherr muss sich Kenntnisse über die beim Rückbau anfallenden Abfallstoffe und deren mögliche gefährliche Beschaffenheit oder Verunreinigungen verschaffen und dazu anhand einer per Schreibtischstudie und/oder Felderhebung erstellte Materialienbewertung ein Bestandsverzeichnis der Materialien und Konstruktionselemente zusammenstellen.

Die Materialienbewertung soll dabei die Art des Materials, unterschieden anhand des Europäischen Abfallverzeichnis nach (nicht) inertem und (nicht) gefährlichem Abfall, eine Beschreibung und die Menge in Tonnen, Kubikmetern bzw. anderen maßgeblichen Maßeinheiten enthalten.

Optional kann auch ein Bestandsverzeichnis der Elemente, für die eine Zerlegung und Wiederverwendung empfohlen wird, der Standort der Abfallstoffe und Bauteile innerhalb des Gebäudes, die Qualität des Materials und die Recyclingfähigkeit bewertet werden.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	
☒ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	
☐ Altersangaben	
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☒
Materialmengen	☒	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☒	☐		☒
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☒	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☒	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen:
https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/de/renditions/pdf

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 113 Funktion der Akteure von Abfallaudits im Abfallbewirtschaftungsprozess

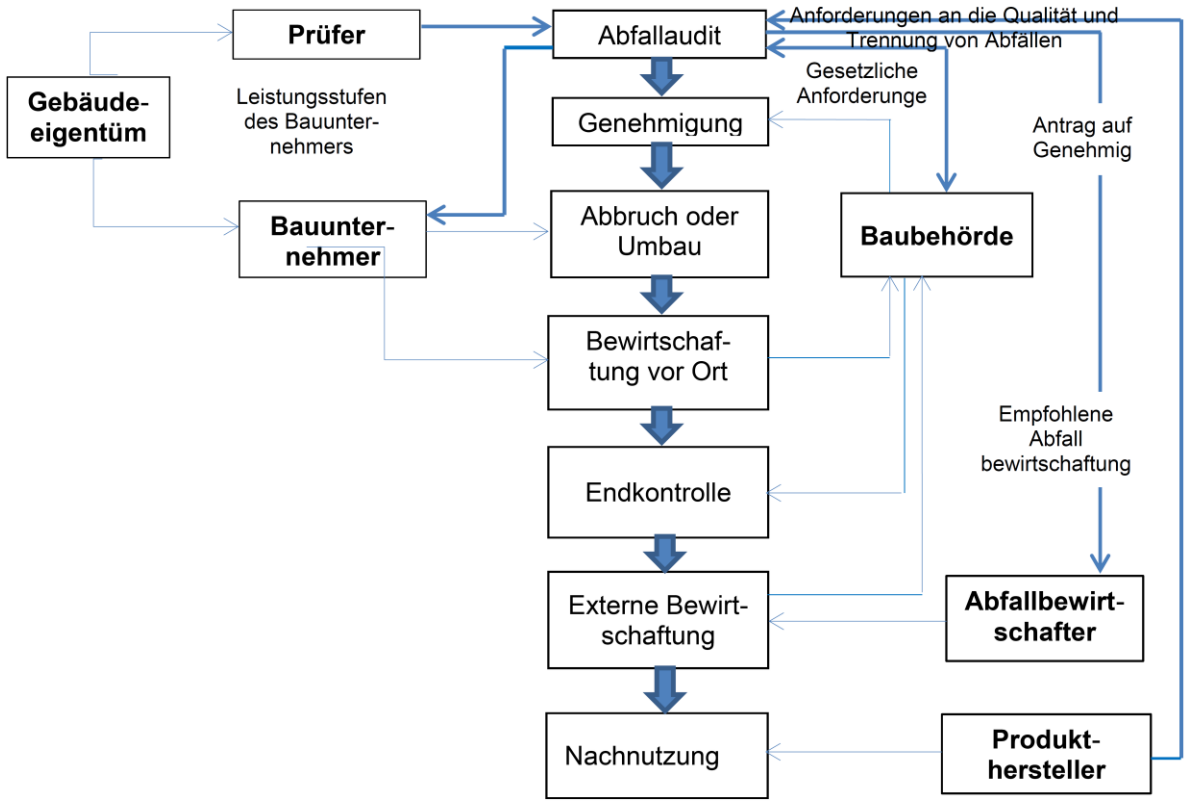


Abbildung 1: Funktion der Akteure von Abfallaudits im Abfallbewirtschaftungsprozess

Abbildung 114 Allgemeines System von Abfallaudits

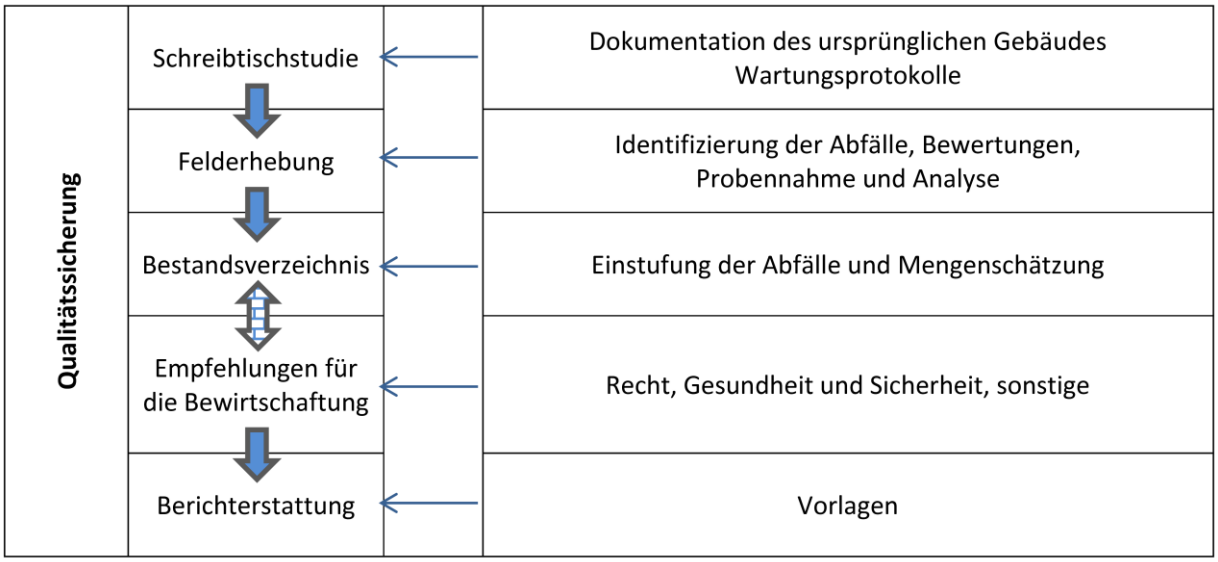


Tabelle 92 Instrumentensteckbrief Umweltzeichen Hafencity Hamburg

Umweltzeichen Hafencity Hamburg	**Ordnungsnr. IB50**

Beschreibung des Instruments

Das Umweltzeichen HafenCity ist ein Zertifizierungssystem für nachhaltiges Bauen in Hamburg und wird seit 2007 für Wohngebäude, Büros, Hotel, Gewerbe/Handel, Versammlungsstätten und Bildungseinrichtungen vergeben. Seit der Überarbeitung 2017 gibt es in Anlehnung an den DGNB-Standard die Kategorien „Gold“ und „Platin“. (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)
Das Ziel des Umweltzeichens ist die Reduktion der CO2-Emissionen bei der Errichtung, dem Betrieb und dem Rückbau der Gebäude durch die Verringerung des Energiebedarfes und die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen am Gebäude.
Weitere Aspekte des Umweltzeichens sind der Schallschutz, die (Elektro-)Mobilität, die verbindliche Teilnahme am Quartiersmanagement und die barrierefreie Zugänglichkeit der Gebäude und Nutzungen sowie Rückbau und Recycling.
Die Anforderungen an einen energiesparenden Gebäudebetrieb werden entsprechend der Energieeinsparverordnung (EnEV) als Unterschreitung der Referenzwerte des Primärenergiebedarfs und der maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten definiert. Als Nachweis dient ein Energiebedarfsausweis nach DIN V 18599 oder DIN 4108.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☒ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☒ Interpretationsspielraum vorhanden			☐ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Zur Kategorie 1 gehören neben der energetischen Qualität auch Detailschnitte mit Aussagen zum Aufbau der Fassade und des Dachs und der ausgeführten Baustoffe sowie eine Beschreibung der (geplanten) Gebäudetechnik inkl. der Anlagen, Komponenten und relevanten Kennwerte.
Für Kategorie 2 werden Planunterlagen des prämierten Entwurfs mit Lageplan und repräsentativen Grundrissen, sowie einer „Berechnung der Größe der benetzten Oberfläche der Bleche aus Zink, Kupfer oder Blei an der Fassade sowie an und auf dem Dach (Fensterbleche, Attikaabdeckungen usw.) entsprechend dem Leitfaden des UBA zu Schwermetallen im Bauwesen“ und ein Nachweis der Reduktion des Eintrags von Schwermetallen in Gewässer gefordert
Für Kategorie 3 muss für alle im Gebäude vorhandenen Bauteile nachgewiesen werden, dass die eingesetzten Produkte/Materialien den Vorgaben in Anlehnung an das System der DGNB entsprechen. Zur Dokumentation gehört dabei eine Bauteilliste, Produktnachweise wie Datenblätter, Umweltproduktdeklarationen und Herstellererklärungen sowie eine Dokumentation des Einsatzes zertifizierter Hölzer.
Des Weiteren wird in Kategorie 5 die recyclinggerechte Baukonstruktion berücksichtigt.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	Aus Produktliste
☒ Materialmengen	Aus Ökobilanz
☐ Materialeigenschaften	
☐ Altersangaben	
☐ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☐	☒
Materialmengen	☒	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☒		
Einbauort	☒	☐		☒
Einbaulage/-situation	☒ teilweise	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☒	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.hafencity.com/de/faq-konzepte-planung/wer-erhaelt-das-umweltzeichen-hafencity-.html https://www.hafencity.com/upload/files/artikel/Umweltzeichen_HafenCity_2017_Dokumentationsrichtlinie.pdf https://www.hafencity.com/upload/files/files/Umweltzeichen_HafenCity_2017__Version_3.0_.pdf https://www.dgnb.de/de/index.php

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 115 Umweltzeichen Hafencity Hamburg

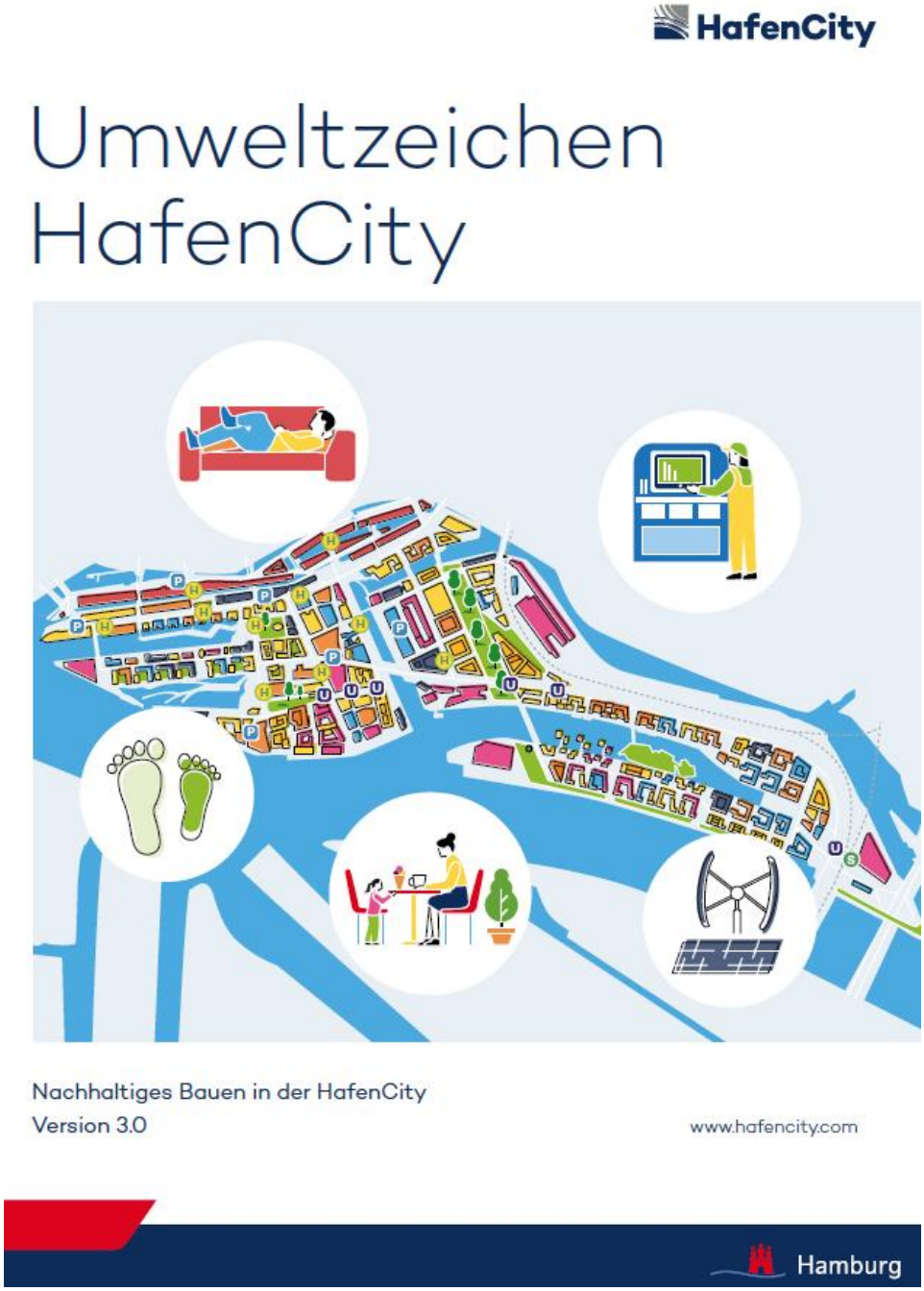


Abbildung 116 Umweltzeichen in Platin

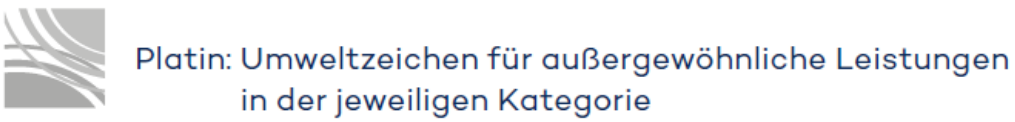


Abbildung 117 Umweltzeichen in Gold

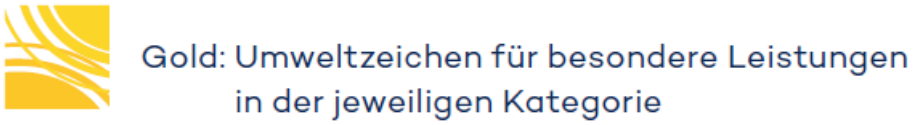


Tabelle 93 Instrumentensteckbrief Statistischer Erhebungsbogen

Statistischer Erhebungsbogen	**Ordnungsnr. IB51**

Beschreibung des Instruments

Als statistische Erhebungsbögen im Sinne des Projekts KartAL IV werden Formulare bezeichnet, mit deren Hilfe Informationen von Bauherren an die statistischen Landesämter übertragen werden.
Statistische Erhebungsbögen sind bei genehmigungspflichtigen und zustimmungsbedürftigen, aber auch bei ausschließlich kenntnisgabepflichtigen Baumaßnahmen und Nutzungsänderungen abzugeben. Ebenfalls besteht in der Regel eine Meldepflicht beim Rückbau oder sonstigen Abgängen von Bauwerken.
Das Verfahren läuft in der Regel so ab, dass der Architekt (im Auftrag des Bauherrn) den statistischen Erhebungsbogen ausfüllt und an die zuständige Baubehörde gibt, die ihn wiederum an das statistische Landesamt weiterleitet.
Die Informationen gehen dann in die Bautätigkeitsstatistiken der Länder und schließlich des Bundes ein.
Zum Ende jedes Jahres meldet die Baubehörde den Bauzustand der bei ihr anhängigen Bauprojekte ans statistische Landesamt.
Ist nach der Fertigstellung des Bauwerks eine Schlussabnahme vorgeschrieben, erfolgt eine Meldung der Fertigstellung und etwaiger Änderungen ans statistische Landesamt durch Baubehörde.
Ist keine Schlussabnahme vorgesehen, meldet der Bauherr (bzw. dessen Architekt) etwaige Änderungen oder das Erlöschen der Baugenehmigung oder des Baurechts an das statistische Landesamt.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☐ Bund	☒ Land	☒ Kommune	☐ Unternehmen	☒ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Aus Sicht des Projekts KartAL IV enthalten statistische Erhebungsbögen nur sehr wenige, rudimentäre Informationen zur materiellen Zusammensetzung eines Bauwerks, bzw. fragen diese nach.
Enthalten sind nur die Bauart (konventionell/Fertigbau), der Haustyp (Einzel-/Doppel-/Reihenhaus), der überwiegend verwendete Baustoff (Tragkonstruktion, z. B. Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, Stahl, …), die vorwiegende Art der Beheizung und die verwendete Energiequelle, Rauminhalt, Vollgeschosse, Wohn- und Nutzfläche und die Anzahl der Wohnungen.
Aus der Gebäudegeometrie ließe sich anhand geeigneter Typvertretergebäude eventuell eine grobe Schätzung der möglicherweise verwendeten Materialmengen berechnen. Die Art der Beheizung und Energiequelle lässt Rückschlüsse auf die technische Gebäudeausstattung zu. Andererseits ist zu erwarten, dass bis zum Ende des Bauwerkslebenszyklus die Gebäudetechnik bereits mehrfach ausgetauscht wurde. Informationsquellen aus der Planungsphase dürften also generell wenig hilfreich sein.
In Hinblick auf aus Projektsicht relevante Daten wird im Falle des Erhebungsbogens für Abgänge sogar nur das Baujahr, die Fläche und die Anzahl der wegfallenden Wohneinheiten erhoben.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	überwiegend verwendete Baustoff (Tragkonstruktion)
☐ Materialmengen	
☐ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	Baujahr. Keine Dokumentation späterer Maßnahmen außer in seltenen Fällen wenn bspw. die Zahl der Wohneinheiten ist
☐ Einbauort	
☐ Gefahrstoffe	

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒ Hauptbaustoff	☐ evtl. Indizien	☐	☐
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☐	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☐	☐		☐
Einbaulage/-situation	☐	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☐			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Die Erhebungsbögen enthalten nur wenige und sehr oberflächliche Informationen, sind aber flächendeckend vorhanden und liegen zentralisiert vor. Mit geeigneten Typvertretergebäuden ließe sich auf dieser Grundlage (und z. B. GIS) ein Materialkataster mit hohem regionalen Detaillierungsgrad schätzen. Dies könnte direkt von den statistischen Landesämtern vorgenommen werden, um Datenschutzproblemen vorzubeugen. Es muss aber mit Verzerrungen gerechnet werden, da insbesondere bei den Abgängen oft die Meldung versäumt wird. Der Bestand an Gebäuden und entsprechenden Materialien würde so ggf. überschätzt. Andererseits werden Bauwerke und ihre Materialien, die nicht mithilfe von Erhebungsbögen erfasst wurden, nicht berücksichtigt.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums zum Vollzug des Hochbaustatistikgesetzes (VwV-HBauStatG) BW https://www.statistik-bw.de/baut/servlet/LaenderServlet

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 118 Beispiel Statistischer Erhebungsbogen: Baden-Württemberg

Statistisches Landesamt
Baden-Württemberg

Statistik der Baugenehmigungen

BG

Bitte lesen Sie vor dem Ausfüllen die dazugehörigen Erläuterungen.

5683867
Identifikationsnummer

Bauscheinnummer/Aktenzeichen

Füllen Sie den Fragebogen aus bei ...
... Neubau (für jedes Gebäude 1 Erhebungsbogen).
... Baumaßnahmen an einem bestehenden Gebäude.
... Änderung des Nutzungsschwerpunkts zwischen Wohnbau und Nichtwohnbau (bitte zusätzlich einen Abgangsbogen ausfüllen).

Statistisches Landesamt
Baden-Württemberg
Referat 42
70158 Stuttgart

Sie erreichen uns über
Telefon: 0711/641-2530
Telefax: 0711/641-2980
E-Mail: bautaetigkeit@stala.bwl.de

1 Allgemeine Angaben 1 (*Blockschrift*)

Bauherr/Bauherrin
Name/Firma:

Anschrift:

Anschrift des Baugrundstücks
Straße, Nummer:

Postleitzahl, Ort:

Baurechtliches Verfahren (zutreffendes bitte ankreuzen)

Baugenehmigung mit Schlussabnahme		Baugenehmigung ohne Schlussabnahme	A	Kenntnisgabe	K	Vereinfachtes Genehmigungsverfahren	V

Ansprechpartner/-in für Rückfragen (freiwillige Angabe)

Name (z. B. Architekt-/in, Planverfasser-/in)

Telefon und/oder E-Mail

Lage des Baugrundstücks

Gemeinde:

Gemeindeteil:

Datum der Baugenehmigung bzw. Genehmigungsfreistellung ..... Monat Jahr

2 Art der Bautätigkeit 2

Nur Neubau

Errichtung eines neuen Gebäudes – überwiegend
in konventioneller Bauart ..... 1 ☐
im Fertigteilbau (auch serielles/modulares Bauen) ..... 2 ☐

Baumaßnahme an bestehendem Gebäude ..... 3 ☐

Bei Baumaßnahmen

Bei Baumaßnahme an bestehendem Gebäude
Ändert sich der Nutzungsschwerpunkt des Gebäudes zwischen Wohnbau und Nichtwohnbau? ..... Ja 1 ☐ Nein 2 ☐
Falls „Ja", bitte frühere Nutzung angeben:

Wurde ein Abgangsbogen ausgestellt? ..... Ja 1 ☐ Nein 2 ☐

Bei Wiederaufbau, Ersatzbau, Wiederherstellung
In welchem Jahr wurde das Gebäude (Gebäudeteil) abgebrochen, zerstört o. Ä.? .....

Wurde ein Abgangsbogen ausgestellt? ..... Ja 1 ☐ Nein 2 ☐

3 Angaben zum Gebäude 3

Bei allen Baumaßnahmen

Bauherr
Öffentlicher Bauherr ..... 1 ☐
Unternehmen
Wohnungsunternehmen ..... 2 ☐
Immobilienfonds ..... 3 ☐
Land- und Forstwirtschaft, Tierhaltung, Fischerei ..... 4 ☐
Produzierendes Gewerbe ..... 5 ☐
Handel, Kreditinstitute und Versicherungsgewerbe, Dienstleistungen sowie Verkehr und Nachrichtenübermittlung ..... 6 ☐
Privater Haushalt ..... 7 ☐
Organisation ohne Erwerbszweck ..... 8 ☐

Wohngebäude (ohne Wohnheim)
(auch Ferienhaus privat vom Eigentümer genutzt)
ohne Eigentumswohnungen ..... 1 ☐
mit Eigentumswohnungen ..... 2 ☐
Wohnheim ..... 3 ☐

Nichtwohngebäude – *Bitte Nutzungsart angeben:*
(z. B. Bankgebäude, Werkhalle, Ferienhaus zur gewerblichen Nutzung, Schule)

Nur bei Errichtung eines neuen Gebäudes

Haustyp des Wohngebäudes
Einzelhaus ..... 1 ☐
Doppelhaushälfte ..... 2 ☐
Gereihtes Haus ..... 3 ☐
Sonstiger Haustyp ..... 4 ☐

Überwiegend verwendeter Baustoff/Tragkonstruktion
Ziegel ..... 1 ☐
Kalksandstein ..... 2 ☐
Porenbeton ..... 3 ☐
Leichtbeton/Bims ..... 4 ☐
Stahl ..... 5 ☐
Stahlbeton ..... 6 ☐
Holz ..... 7 ☐
Sonstiges ..... 8 ☐

Vorwiegende Art der Beheizung
Fernheizung ..... 1 ☐
Blockheizung ..... 2 ☐
Zentralheizung ..... 3 ☐
Etagenheizung ..... 4 ☐
Einzelraumheizung ..... 5 ☐
Keine Heizung ..... 6 ☐

Fortsetzung Abbildung 118

5683867
Identifikationsnummer

Nur bei Errichtung eines neuen Gebäudes

noch: 3 Angaben zum Gebäude

Verwendete Energie *(Bitte jeweils eine Position ankreuzen.)*

	Heizung Primär	Heizung Sekundär	Warmwasserbereitung Primär	Warmwasserbereitung Sekundär
Keine	00 ☐	00 ☐	00 ☐	00 ☐
Öl	02 ☐	13 ☐	02 ☐	13 ☐
Gas	03 ☐	14 ☐	03 ☐	14 ☐
Strom	04 ☐	15 ☐	04 ☐	15 ☐
Fernwärme/ Fernkälte	05 ☐	16 ☐	05 ☐	16 ☐
Geothermie	06 ☐	17 ☐	06 ☐	17 ☐
Umweltthermie (Luft/Wasser)	07 ☐	18 ☐	07 ☐	18 ☐
Solarthermie	08 ☐	19 ☐	08 ☐	19 ☐
Holz	09 ☐	20 ☐	09 ☐	20 ☐
Biogas/ Biomethan	10 ☐	21 ☐	10 ☐	21 ☐
Sonst. Biomasse	11 ☐	22 ☐	11 ☐	22 ☐
Sonst. Energie	12 ☐	23 ☐	12 ☐	23 ☐

Falls „Sonstige Energie für Heizung", bitte hier erläutern:

Falls „Sonstige Energie für Warmwasserbereitung", bitte hier erläutern:

Einsatz von Lüftungs- und Kühlungsanlagen

Anlagen zur Lüftung		Anlagen zur Kühlung	
mit Wärmerückgewinnung	1 ☐	elektrisch	1 ☐
ohne Wärmerückgewinnung	2 ☐	thermisch	2 ☐
keine Nutzung	3 ☐	keine Nutzung	3 ☐

Art der Erfüllung des EEWärmeG
Mehrfachnennungen möglich.

Erneuerbare Energie (Wärme, §5)
- Holz, Bioöl, Biogas, Biomethan 01 ☐
- Sonstige (z. B. Umwelt-, Geo-, Solarthermie) 02 ☐

Erneuerbare Energie (Kälte, §5) 03 ☐
Kraft-Wärme-/Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (§7) 04 ☐
Wärmerückgewinnung (§7) 05 ☐
Sonstige Abwärme (§7) 06 ☐
Energieeinsparung (Übererfüllung EnEV, §7) 07 ☐
Fernwärme oder Fernkälte (§7) 08 ☐
Gemeinschaftliche Wärmeversorgung (§6) z. B. Quartierslösung 09 ☐
Ausnahme(regelung) (§9) 10 ☐
Befreiung (§9) 11 ☐
Sonstiges 12 ☐

Falls „Sonstiges", bitte hier erläutern:

4 Größe des Bauvorhabens 4

Werte ohne Kommastellen angeben.

Rauminhalt – Brutto in m³ (DIN 277) 01

Anzahl der Vollgeschosse (laut LBO) 02

	neuer Zustand in vollen m²	alter Zustand in vollen m²
Nutzfläche (DIN 277; ohne Wohnfläche)	03	05
Wohnfläche (WoFlV) der Wohnungen	04	06

Anzahl der Wohnungen mit (Räume, einschließl. Küchen)	neuer Zustand	alter Zustand
1 Raum	07	15
2 Räumen	08	16
3 Räumen	09	17
4 Räumen	10	18
5 Räumen	11	19
6 Räumen	12	20
7 Räumen oder mehr	13	21
Anzahl der Räume in Wohnungen mit 7 oder mehr Räumen	14	22

5 Veranschlagte Kosten des Bauwerks 5

bzw. der Baumaßnahme (Kostengruppe 300, 400 DIN 276)

Kosten in 1 000 Euro (einschließlich MwSt) 23

24 Straßenschlüssel

Nur Neubau

Bei allen Baumaßnahmen – bei Neubau ist nur der neue Zustand auszufüllen

Seite 2 BG

Fortsetzung Abbildung 118

Statistisches Landesamt
Baden-Württemberg

Statistik des Bauabgangs

BA

Für jedes Gebäude bzw. für jeden Gebäudeteil bitte einen gesonderten Erhebungsvordruck ausfüllen. Abgänge im Sinne dieser Erhebung sind auch Nutzungsänderungen.

Statistisches Landesamt
Baden-Württemberg
Referat 42
70158 Stuttgart
Sie erreichen uns über
Telefon: 0711/641-2530
Telefax: 0711/641-2980
E-Mail: bautaetigkeit@stala.bwl.de

1 Allgemeine Angaben 1

Eigentümer/Eigentümerin

Name/Firma:

Anschrift:

Anschrift des Gebäudes

Straße, Nummer:

Postleitzahl, Ort:

Bauscheinnummer/Aktenzeichen

5683847

Identifikationsnummer

Lage des Gebäudes

Gemeinde

Gemeindeteil

Datum des Bauabgangs bzw. der Abbruchgenehmigung (Sst 20–25) ..... Monat Jahr

Baurechtliches Verfahren

Abgangsgenehmigung..... A

Kenntnisgabe..... K

Vom Bauamt bzw. von der Gemeinde auszufüllen

Eigentümer/Eigentümerin

Öffentlicher Eigentümer ..... 1 ☐

Unternehmen

Wohnungsunternehmen ..... 2 ☐

Immobilienfonds ..... 3 ☐

Land- und Forstwirtschaft, Tierhaltung, Fischerei ..... 4 ☐

Produzierendes Gewerbe ..... 5 ☐

Handel, Kreditinstitute und Versicherungsgewerbe, Dienstleistungen sowie Verkehr und Nachrichtenübermittlung ..... 6 ☐

Privater Haushalt ..... 7 ☐

Organisation ohne Erwerbszweck ..... 8 ☐

2 Art und Alter des Gebäudes 2

Wohngebäude (ohne Wohnheim) (auch Ferienhaus privat vom Eigentümer genutzt) ..... 1 ☐

Wohnheim ..... 2 ☐

Nichtwohngebäude – *Bitte Nutzungsart angeben:*

(z. B. Bankgebäude, Werkhalle, Ferienhaus zur gewerblichen Nutzung, Schule)

Das Gebäude wurde errichtet in den Jahren
Bitte ankreuzen.

vor 1919 ..... 1 ☐
1919–1948 ..... 2 ☐
1949–1978 ..... 3 ☐
1979–1986 ..... 4 ☐
1987–1990 ..... 5 ☐
1991–1995 ..... 6 ☐
1996–2010 ..... 7 ☐
2011 und später ..... 8 ☐

3 Umfang des Bauabgangs 3

Der Abgang betrifft ein ganzes Gebäude. ..... 1 ☐

Der Abgang betrifft einen Gebäudeteil. ..... 2 ☐

Bitte weiter mit Frage 4.

BA Seite 1

Fortsetzung Abbildung 118

5683847
Identifikationsnummer

4 Art und Ursache des Bauabgangs 4

Bei Totalabgang

Bitte nur den überwiegenden Grund angeben.

Das Gebäude/-teil ist abgegangen bzw. wird abgebrochen

- zur Schaffung öffentlicher Verkehrsflächen .. 1 ☐
- zur Schaffung von Freiflächen ..... 2 ☐
- zur Errichtung eines neuen Wohngebäudes .. 3 ☐
- zur Errichtung eines neuen Nichtwohngebäudes ..... 4 ☐
- infolge bauordnungsrechtlicher Unzulässigkeit ..... 5 ☐
- infolge eines außergewöhnlichen Ereignisses (z. B. Brand, Explosion, Einsturz) ... 6 ☐
- aus sonstigen Gründen ..... 7 ☐

Bei Nutzungsänderung

(zwischen Wohn- und Nichtwohnbau)

	Ja	Nein
Ist mit der Nutzungsänderung eine Baumaßnahme verbunden?	8 ☐	9 ☐

5 Größe des Bauabgangs 5

	m²
Nutzfläche (DIN 277, ohne Wohnfläche)	
Wohnfläche (WoFIV) der Wohnungen	

Anzahl der Wohnungen mit
(*nach der Zahl der Räume, einschließlich Küchen*)

	Anzahl
1 Raum	
2 Räumen	
3 Räumen	
4 Räumen	
5 Räumen	
6 Räumen	
7 Räumen oder mehr	
Anzahl der Räume in Wohnungen mit 7 oder mehr Räumen	

Straßenschlüssel

Tabelle 94 Instrumentensteckbrief SIB-BAUWERKE-Software

SIB-BAUWERKE-Software	**Ordnungsnr. IB52**

Beschreibung des Instruments

Das Programmsystem SIB-BAUWERKE dient der Erfassung und Prüfung von Ingenieurbauwerken (bspw. Brücken) nach DIN 1076 und RI-EBW-PRÜF (Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen des BMVBS, 2013) und wurde von den Straßenbauverwaltungen des Bundes und der Länder entwickelt, die auch Eigentümer der Software sind. Die fachtechnische Betreuung erfolgt durch den Bund/Länder-Fachausschuss ‚IT-Koordinierung', Projektgruppe Bauwerke ‚ASB-Bauwerksdaten'. Die Programmerstellung erfolgte wie auch der Vertrieb für Drittnutzer durch die WPM-Ingenieure GmbH für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Auftrag von Bund und Ländern.

„SIB-BAUWERKE besteht aus einer relationalen Datenbank, der Clientsoftware, der Verbindung zwischen Client und Datenbank mittels ODBC-Verbindung, dem Graphik-und Dokumentenarchiv (Bilder-, Plan-, Dokumenten-Dateien) und dem Wissensarchiv (Schlüsseldateien). Als Datenbank-Management-Systeme kommen ORACLE ab Version 11.2 und Mircosoft SQL-Server ab Version 2008 R2 und für die Einzelplatzversion Microsoft SQL-Server 2008-Express (EXPRESS) zum Einsatz. Diese Datenbank ist eine lizenzgebührenfreie Version des MS-SQL-Servers. Es gelten die Lizenz-bedingungen von Microsoft." (Werbeschrift der WPM-Ingenieure GmbH für SIB-BW)

Die SIB-BAUWERKE ist bei Maßnahmen, die Bauwerke an Bundesfernstraßen (und Bundeswasserstraßen) betreffen, einzusetzen, bei Landesstraßen wird die Anwendung empfohlen. Auch viele Drittnutzer wie kommunale Verwaltungen wenden die Software an.

Die Software ist für das Projekt KartAL IV von höchstem Interesse, da sie von Bauunternehmen, die Ingenieurbauwerke im öffentlichen Auftrag (z. B. durch Regierungspräsidien) erstellen, genutzt wird, um eine Bauwerksdokumentation, das sogenannte Bauwerksbuch, zu erstellen. Dazu werden von den Hauptauftragnehmern oft weitere Dienstleister beauftragt, die im Besitz der nötigen Lizenzen und routiniert in der Anwendung der Software sind. Die Bauwerksbücher enthalten eine sehr detaillierte bauteilweise Dokumentation der im Bauwerk vorhandenen Materialien und teilweise auch der Hilfsstoffe, insbesondere die Materialqualitäten von Stahl und Beton sind aufgeschlüsselt auf die Bauwerksteile systematisch hinterlegt. Die Qualitäten anderer Materialien, wie beispielsweise Farben und Lacke wird weniger systematisch erfasst, sondern nur in freien Textfeldern über Produkt- oder Herstellernamen oder allgemeine Bezeichnungen beschrieben, was gegebenenfalls ein automatisiertes Auslesen erschwert. Die Informationen liegen bei den entsprechenden Stellen der öffentlichen Verwaltung zentralisiert vor und werden dort auch ständig aktualisiert, da im weiteren Lebenszyklus Prüf- und Instandsetzungsberichte für das Bauwerk beigeheftet werden.

Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☒ Bund	☒ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen

Die SIB-Bauwerke-Software erfragt die folgenden, für das Projekt KartAL IV relevanten Informationen, die Rückschlüsse auf das Bauwerk und seine materielle Zusammensetzung zulassen: Zunächst den Namen oder die Bezeichnung des Bauwerks und dessen Bauwerksnummer. Als nächstes sind allgemeine Informationen wie das Baujahr, die Bauweise, das Statische System (längs/quer), die Länge, Breite und Fläche und der Überbau und das Haupttragwerk vermerkt.

Darauf folgt eine Auflistung der Teilbauwerke mit detaillierten Angaben zum Baustoff (Zementart, Zementgehalt, Oberfläche, Festigkeit, Expositionsklasse, Betonstahlgüte, Zuschlagstoffe, Zusätze, Korngröße, Verbindungen usw.), teilweise werden auch Angaben zum Korrosionsschutz und/oder der Deckbeschichtung gemacht.

Die Bauwerksbücher beinhalten außerdem Bauwerksskizzen, Baustoffangaben und Bauwerksdaten wie die Betonfestigkeitsklassen, Expositionsklassen, Baustahlklassen, Betonstahlklassen und Spannstahlklassen aufgeteilt nach Bauteilen.

Informationen zu den verwendeten Materialmengen werden von der SIB-BAUWERKE-Software derzeit nicht erfragt.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	Sehr detailliert
☐ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	Baujahr, Dokumentation von Sanierungsarbeiten
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	Teilweise, bzgl. Bau(hilfs)stoffen

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☒	☒
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☒	☐		☒ bauteilweise
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Das Programm wird derzeit (Stand Februar 2020) überarbeitet und es soll in absehbarer Zeit eine Neufassung davon auf den Markt kommen.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Ingenieurbau/Fachthemen/b4-Bauwerkspruefung-RI-EBW-PRUEF/b4-Bauwerkspruefung-RI-EBW-PRUEF.html https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/dokumentation-bauwerkspruefung-nach-din-1076.pdf?__blob=publicationFile http://www.wpm-ingenieure.de/downloads/sib_bauwerke/allgemein/sib_bauwerke_werbeschrift_v19.pdf http://www.wpm-ingenieure.de/include.php?path=downloads&pid=22&category=11

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 119 Screenshot aus der überarbeiteten SIB-BW

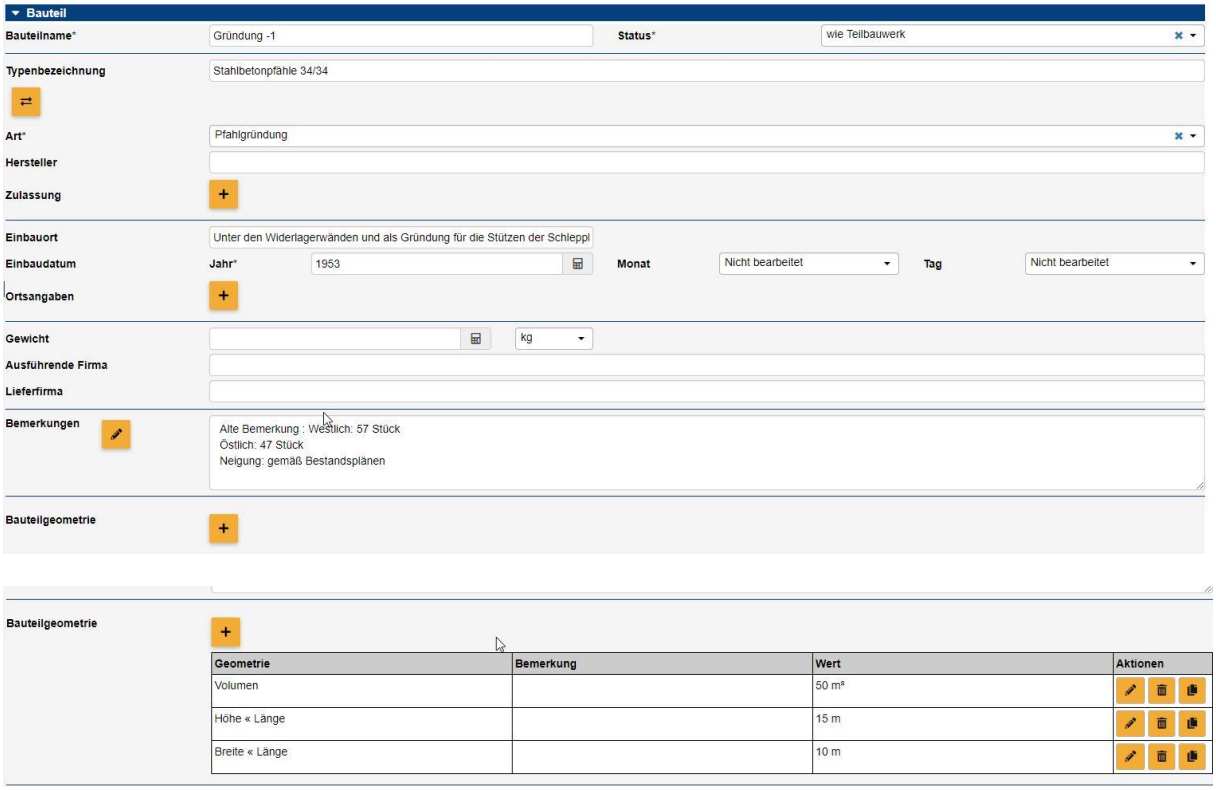


Abbildung 120 Beispiel: Seiten aus Bauwerksbuch, erstellt mit SIB-BAUWERKE (vor Neufassung)

Land Baden-Württemberg
Regierungspräsidium Karlsruhe

Bauwerksbuch des Teilbauwerks
Nummer **7017655 1**
Straße IBwNr **A 8**

5 Hauptbauteile

5.6 Baustoffe (Fortsetzung)

Bauteil	**Widerlager**
Baustoff	**Stahlbeton**
Zement	**Portlandhüttenzement CEM II/B-S**
Zementgehalt	**350 kg/m³**
Oberfläche	**Sichtbeton**
Festigkeit	**C 30/37 nach DIN 1045-2 und DIN EN 206-1**
Expositions-Kl.	**XC 4 - XD 2 - XF 2**
Anford.-Klasse	**D**
Betonstahlgüte	**BSt 500 S (IV S) nach DIN 488 Ausgabe 1984**
Fertigteile	**Nein**
Lieferfirma	**Belog Betonlogistik GmbH & Co.KG**
Zuschlagstoff	**Sand, Kies**
Betonzusatz	**BV - 0,70 % v. Zg.**
Korngröße	**Größtkorn der Gesteinskörnung = 32 mm**
Konsistenz	**Weich**
Bemerkung	**Baustoff der Widerlager, Achse WL1 und WL2** **Beton C 30/37 - XC4, XD2, XF2, WA**

Bauteil	**Flügel**
Baustoff	**Stahlbeton**
Zement	**Portlandhüttenzement CEM II/B-S**
Zementgehalt	**350 kg/m³**
Oberfläche	**Sichtbeton**
Festigkeit	**C 30/37 nach DIN 1045-2 und DIN EN 206-1**
Expositions-Kl.	**XC 4 - XD 2 - XF 2**
Anford.-Klasse	**D**
Betonstahlgüte	**BSt 500 S (IV S) nach DIN 488 Ausgabe 1984**
Fertigteile	**Nein**
Lieferfirma	**Belog Betonlogistik GmbH & Co.KG**
Zuschlagstoff	**Sand, Kies**
Betonzusatz	**BV - 0,70 % v. Zg.**
Korngröße	**Größtkorn der Gesteinskörnung = 32 mm**
Konsistenz	**Weich**
Bemerkung	**Baustoff der Flügelwände, Achse WL1 und WL2** **Beton C 30/37 - XC4, XD2, XF2, WA**

Version 1.91 - Druck vom 02.03.2016 Seite 5.4

Fortsetzung von Abbildung 120

Land Baden-Württemberg
Regierungspräsidium Karlsruhe

Bauwerksbuch des Teilbauwerks
Nummer **7017655 1**
Straße IBwNr **A 8**

6 Konstruktionsteile

6.6 Fahrbahnübergänge (Forts

Bauteil	**Widerlager**
Art	**Mit Bauwerksabschlussprofil (T-Profil oder ähnlich)**
Einbauort	**Hintere Kammerwand, Widerlager Achse WL1**
Anz.der Lamellen	Anzahl **1 Stck** Einbaujahr **2014**
Lärmminderung	**Lärmminderung nicht vorhanden**
Gesamtdehnweg	Konst.Länge **14,50 m**
Hersteller	**Sonstiger Hersteller**
Typenbezeichn.	**Abschlussprofil T-90**
Regelgeprüft	**Nein** Wartungsgang **Nicht vorhanden**
Kritische Temperatur Winter	°C Kritische Temperatur Sommer
Bemerkung	**Hersteller: Friedrich Schröder GmbH & Co.KG, 58809 Neuenrade**

6.7 Abdichtungen

Bauteil	**Überbau**
Einbauort	**Oberseite Überbau, zwischen den Kappen**
Unterlage	**Beton**
Vorber. Unterl.	**Strahlen mit festen Strahlmitteln**
Behandl. Unterl.	**Versiegelung mit Epoxidharz**
Abdichtung	**Einlagige Bitumendichtungsbahn**
Schutzschicht	**Gussasphalt**
Dicke (Dichtungsschicht+Schutzschicht)	**4,0 cm** Fläche **2653 m²** Einbaujahr **2014**
Hersteller	**Georg Börner GmbH & Co.KG**
Firma	**ABA Asphalt- und Brückenabdichtungsgesellschaft mbH**
Bemerkung	**- Versiegelung: Sika Ergodur-500 Pro** **- Abdichtung: BÖRNER OK 50N** **Hersteller der Gussasphaltschutzschicht:** **- DEUTAG SWA Karlsruhe** **- ausf. Firma: Pötzl Asphalt Bau GmbH**

Bauteil	**Überbau**
Einbauort	**Oberseite Überbau, unter den Kappen**
Unterlage	**Beton**
Vorber. Unterl.	**Strahlen mit festen Strahlmitteln**
Behandl. Unterl.	**Versiegelung mit Epoxidharz**
Abdichtung	**Einlagige Bitumendichtungsbahn**
Schutzschicht	**Schutzlage unter Kappe**
Dicke (Dichtungsschicht+Schutzschicht)	**0,6 cm** Fläche **555 m²** Einbaujahr **2014**
Hersteller	**Georg Börner GmbH & Co.KG**
Firma	**ABA Asphalt- und Brückenabdichtungsgesellschaft mbH**
Bemerkung	**- Versiegelung: Sika Ergodur-500 Pro** **- Abdichtung: BÖRNER OK 50N**

Version 1.91 - Druck vom 02.03.2016

Fortsetzung von Abbildung 120

Land Baden-Württemberg
Regierungspräsidium Karlsruhe

Bauwerksbuch des Teilbauwerks
Nummer **7017655 1**
Straße IBwNr **A 8**

6 Konstruktionsteile

6.17 Baustoffe (Lager) (Fortsetzung)

Konstruktionsbauteil	**Widerlager , Massivwand**
Einbauort	**Achse WL1, Lagerreihe 2** **allseits fest**
Bauteil	**Kalottenlager**
Baustoff	**Walzprofil**
Stahlgüte	**S 355 (früher St 52) schweißgeeignet**
Lieferfirma	**Maurer Söhne, München**
Verbindm.	**Verschraubung**
Bemerkung	**Anker-/ Lagerplatten und Kopfbolzen: S 235 JR+N und S 235 J2+C450**

Korrosionsschutz:

Ausführungsumfang	**Erstaufbringung**		
System	**Bauteil Nr. 3.2 Korrosionsschutzsystem 1, ZTV-ING 2007 Tabelle A 4.3.2**		
Bauteiloberfläche	**Feuerverzinkte Oberfläche**		
Oberflächenvorbereitung	**Trockenstrahlen mit Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 3**		
Hauptbindem.Grndbesch.	**Sonstiges**	Hauptpigment.Grndbesch.	**Sonstiges**
Hauptbindem.Zwibesch.	**Epoxidharz (EP)**	Hauptpigment.Zwibesch.	**Eisenglimmer**
Hauptbindem.Deckbesch.	**Epoxidharz (EP)**	Hauptpigment.Deckbesch.	**Eisenglimmer**
Applikation	**Airless - Spritzverfahren**		
Anzahl Grundbeschicht.	**1**	Anzahl Zwi./Deckbesch.	**2**
Einbauort	**Verzinkung und Beschichtung werkseitig**		
Gesamtschichtdicke	**260 µm**	Beschichtete Fläche	
Bezeichnung	**nach TL-/TP-KOR Stahlbauten, Bl. 87**		
Ausführende Firma	**Maurer Söhne, München**		
Einbaujahr	**2014**		
Bemerkung	**GB: Spritzverzinkung nach DIN EN 22063, 100µm** **ZB: Eisenglimmer (EP), Stoff-Nr. 695.12 - DB 704, 80µm** **DB: Eisenglimmer (EP), Stoff-Nr. 695.12 - DB 704, 80µm**		

Konstruktionsbauteil	**Pfeiler/Stütze, massiv**
Einbauort	**Achse ST1, Lagerreihe 1** **allseits beweglich**
Bauteil	**Gleitlager mit Kalottenlager allseits bewegl., nicht rostender Stahl auf Kunst.**
Baustoff	**Walzprofil**

Version 1.91 - Druck vom 02.03.2016 Seite 6.12

Tabelle 95 Instrumentensteckbrief Bauwerksbücher

Bauwerksbücher					**Ordnungsnr. IB53**
Beschreibung des Instruments					
Bauwerksbücher (früher: Brückenbücher) im Sinne des Projekts KartAL IV sind Dokument-sammlungen, die von Stellen der öffentlichen Verwaltung wie beispielsweise Regierungspräsidien geführt werden, um den Bau, die Wartung und die Instandhaltung von Ingenieurbauwerken (insb. Brücken) zu verwalten. Nach § 4 Bundesfernstraßengesetz (FStrG) haben die Träger der Straßenbaulast dafür einzustehen, dass die Bauwerke in seiner Zuständigkeit allen Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Zur Dokumentation und Verwaltung nutzen sie Bauwerksbücher, die sich nach der ASB-ING (Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten), der DIN 1076 und der RI-EBW-PRÜF (Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen des BMVBS, 2013) richten. Die Bauwerksbücher werden in der Regel von den mit der Errichtung der Bauwerke beauftragten Unternehmen (bzw. deren Unterauftragnehmern) mithilfe einer einheitlichen Software (SIB-BW) erstellt und an den zuständigen Stellen der öffentlichen Verwaltung aufbewahrt und aktualisiert. Damit sind vorbildlich detaillierte Materialinformationen bestehender Ingenieursbauwerke in standardisierter Form zentralisiert vorhanden und könnten für ein Materialkataster nutzbar gemacht werden.					
Geltungs-/ Anwendungs-bereich	☒ Bund	☒ Land	☐ Kommune	☐ Unternehmen	☐ sonstiges
Verbindlichkeit	☐ Interpretationsspielraum vorhanden			☒ verbindliche Vorgaben	

Nachgefragte/ enthaltene Informationen
Bauwerksbücher, die mithilfe der SIB-Bauwerke-Software erstellt wurden, enthalten die folgenden, für das Projekt KartAL IV relevanten Informationen, die Rückschlüsse auf das Bauwerk und seine materielle Zusammensetzung zulassen: Zunächst den Namen oder die Bezeichnung des Bauwerks und dessen Bauwerksnummer. Als nächstes sind allgemeine Informationen wie das Baujahr, die Bauweise, das Statische System (längs/quer), die Länge, Breite und Fläche und der Überbau und das Haupttragwerk vermerkt. Darauf folgt eine Auflistung der Teilbauwerke mit detaillierten Angaben zum Baustoff (Zementart, Zementgehalt, Oberfläche, Festigkeit, Expositionsklasse, Betonstahlgüte, Zuschlagstoffe, Zusätze, Korngröße, Verbindungen usw.), teilweise werden auch Angaben zum Korrosionsschutz und/oder der Deckbeschichtung gemacht. Die Bauwerksbücher beinhalten außerdem Bauwerksskizzen, Baustoffangaben und Bauwerksdaten wie die Betonfestigkeitsklassen, Expositionsklassen, Baustahlklassen, Betonstahlklassen und Spannstahlklassen aufgeteilt nach Bauteilen. Ältere Brückenbücher, die vor der Anwendung von SIB-Bauwerke erstellt wurden, sind weniger systematisch strukturiert, teilweise unterscheiden sich die Versionen in Format und Struktur stark. Generell enthalten sie den Namen oder die Bezeichnung des Bauwerks, die Bauwerksnummer und das Baujahr. Es finden sich außerdem Informationen zu den verwendeten Baustoffen, dem Fahrbahnbelag und Gehwegbelag, Sonderausrüstungen (Kabel usw.), der Gründung und Stahlbauteilen. Bewehrungs- und Vorspannstahl wird bauteilweise mit Stahlsorte, -art und –güte ausgewiesen, entsprechend werden detaillierte bauteilweise Angaben über den Auspressmörtel (Zementart, Zusätze, Zuschläge, Wasser…), das Mauerwerk, Mauerwerkmörtel und Betonbauteile (Betonklasse, Zementart und –gehalt, Zusätze und Zuschläge, Festigkeit) gemacht. Des Weiteren finden sich detaillierte Beschreibungen der Abdichtung, Anstriche und der (Fahrbahn-/Geh-und Radweg-) Beläge nach Bauteilen (teilweise mit Hinweisen auf Material und Verbindung der Schichten). Die den Bauwerks-, beziehungsweise Brückenbüchern beigeordneten Prüfberichte enthalten generell Angaben zum Ort, dem Namen oder der Bezeichnung des Bauwerks, dessen Bauwerksnummer, dessen Baujahr und der Bauwerksart. Darüber hinaus sind die Ausrichtung des Bauwerks nach Himmelsrichtung und die Richtung, in der die Prüfung erfolgt ist, das Prüfungsdatum oder der Prüfzeitraum, eine Zustandsnote und eine Schadensbeschreibung nach Bauteilen vermerkt. Die den Bauwerks-, beziehungsweise Brückenbüchern beigeordneten Instandsetzungsberichte sind deutlich weniger einheitlich, jedoch werden in der Regel die verwendeten Materialien oder Produkte genannt, teilweise mit Hersteller, Applikationsverfahren und Schichtdicke. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Bauwerksbücher i.d.R. detaillierte Angaben zu den Hauptbaustoffen enthalten, einschließlich einer Zuordnung zu Bauwerksteilen (hier im Sinne Fundament, Widerlager, Überbau, Fahrbahn, Geländer, Schutzeinrichtungen, …). Sie werden im Lebenszyklus des Bauwerks durch Zustands- und Instandsetzungsberichte regelmäßig ergänzt. Angaben zu Materialmengen, späteren Recyclingmöglichkeiten, Stoffeinträgen aus der Nutzung usw. fehlen bisher.

Detaillierungsgrad	Spezifizierung/Anmerkungen
☒ Materialarten	Sehr detailliert
☐ Materialmengen	
☒ Materialeigenschaften	
☒ Altersangaben	Baujahr, Dokumentation von Sanierungsarbeiten
☒ Einbauort	
☒ Gefahrstoffe	Teilweise, bzgl. Bau(hilfs)stoffen

Bauwerksbezogen	Hauptbaustoffe	TGA	Bauhilfsstoffe	Schadstoffe
Materialarten	☒	☐	☒	☒
Materialmengen	☐	☐	☐	☐
Materialqualitäten	☒	☐		
Austauschzeitpunkte	☐	☐		
Einbauort	☒	☐		☒ bauteilweise
Einbaulage/-situation	☒	☐		
Art der Verbindung der Schichten	☒			
Verschmutzungsgrad	☐	☐		
Recyclingmöglichkeiten	☐	☐		
Recyclingwahrsch.keiten	☐	☐		

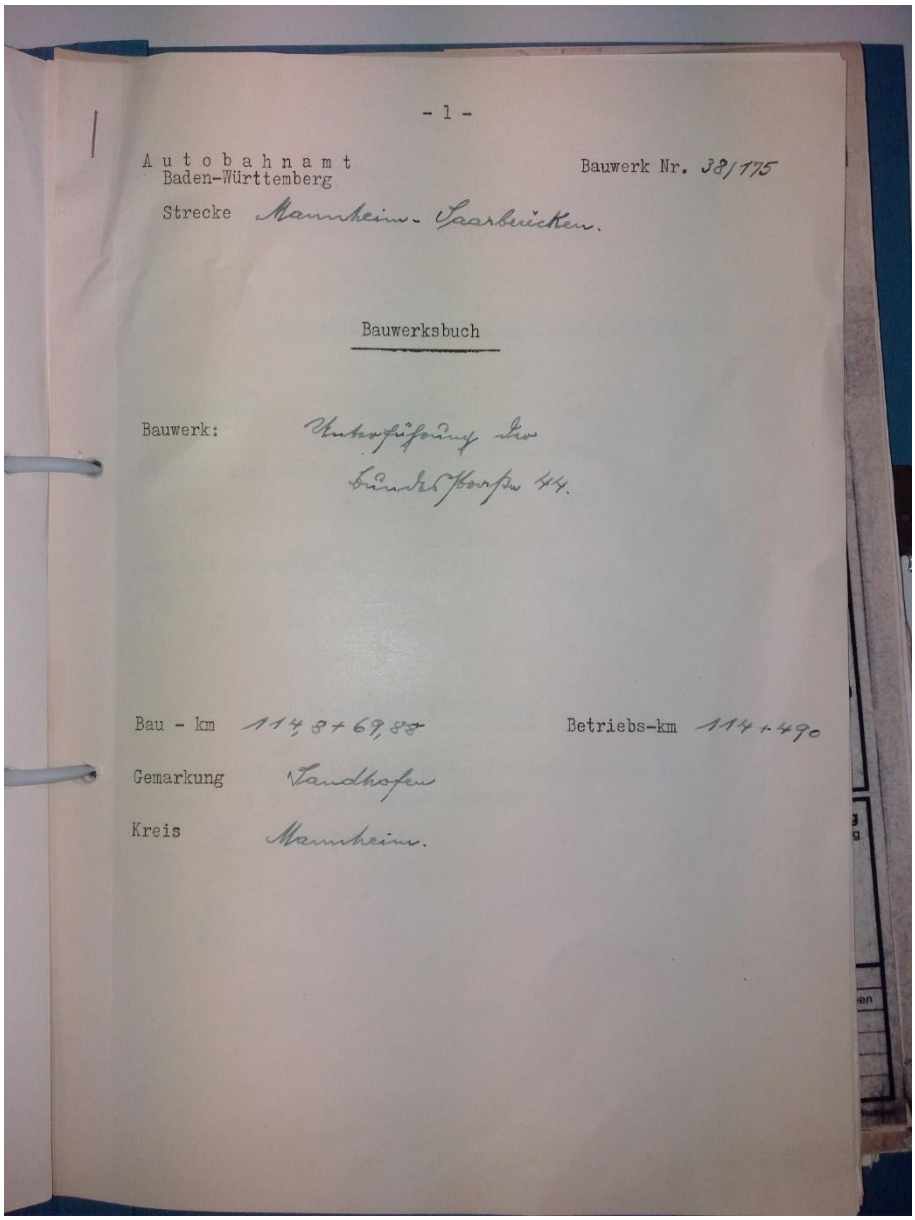
Katasterbezogen	Spezifizierung/Anmerkungen
☐ Raumbezug	
☐ Zeitbezug	
☐ Erschließbarkeit	
☐ Eigentumsverhältnisse	
☐ ggf. weitere	

Anmerkungen
Die SIB-BAUWERKE-Software, mit der die Bauwerksbücher üblicherweise erstellt werden, wird derzeit (Stand Februar 2020) überarbeitet und es soll in absehbarer Zeit eine Neufassung davon auf den Markt kommen. Es sollte darauf hingearbeitet werden, die ASB-ING und die SIB-BW so zu erweitern, dass bei der Erstellung eines neuen Bauwerksbuches auch die Materialmengen in einer für Materialkataster und Rückbauplanung geeigneten Detailschärfe eingegeben werden können. So könnte die Dokumentation der Materialmengen schon bei der Auftragsvergabe verpflichtend mitausgeschrieben werden.

Quellen und Verweise auf weiterführende Informationen
https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Ingenieurbau/Fachthemen/b4-Bauwerkspruefung-RI-EBW-PRUEF/b4-Bauwerkspruefung-RI-EBW-PRUEF.html https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/dokumentation-bauwerkspruefung-nach-din-1076.pdf?__blob=publicationFile http://www.wpm-ingenieure.de/downloads/sib_bauwerke/allgemein/sib_bauwerke_werbeschrift_v19.pdf http://www.wpm-ingenieure.de/include.php?path=downloads&pid=22&category=11

Bearbeiter/in (Version): *KM01*	Institut: *KIT*

Abbildung 121 Beispiel: Deckblatt eines Bauwerksbuchs von 1957



- 1 -

Autobahnamt
Baden-Württemberg

Bauwerk Nr. 38/175

Strecke Mannheim - Saarbrücken.

Bauwerksbuch

Bauwerk: Unterführung der
Landstraße 44.

Bau - km 114,8+69,88

Betriebs-km 114+490

Gemarkung Landhofen

Kreis Mannheim.

Abbildung 122 Beispiel: Auszug aus einem Brückenbuch von 1961

Brücke Nr. L.I.O. 533/8 -8-

km

6. Bewehrungs- u. Vorspannstahl

Brückenteil	Stahlsorte	Größte rechnerische Beanspruchg. kg/cm²	Bei Vorspannstahl: Spann-system	Anzahl der Litzen und Drähte je Spanngl.	Durchmess. der Einzelteile (Drähte)	Lieferwerk	Bemerk.
Überbau	St 135/150	9080	Feyssinet Wayss + Freytag	12	ø 8	Hüttenwerk Rheinhausen	Sigmastahl vergütet
	St I	1400					
	St III (Highhond)	1400					
Widerlager	St I	1400					
Stützen	St IIIa (Highhond)	1875					
Pfahlbankette	St I	1400					

7. Auspreßmörtel von Spanngliedern

Zementart	PZ ....., 375
Lieferwerk	Heidelberg - Leimen
Zusatzmittel, Fabrikat u. Menge je 100 kg Zement	Trikosal H 181 / 1 kg/loo kg PZ
Sand- u. mehlfeine Zuschläge mit Mengenangabe je 100 kg Zement	-
Wasserzusatz je 100 kg Zem.	36 l
Sonstige Angaben	Fließwert mit 35 bestimmt.

Abbildung 123 Beispiel: Auszüge aus einem Brückenbuch von 1972

6. Bewehrungs-u. Vorspannstahl

Brückenteil	Stahlsorte	Größte rechnerische Beanspruchg. kg/cm²	Bei Vorspannstahl				Bemerk.
			Spann-system	Anzahl der Litzen und Drähte je Spanngl.	Durchmess. der Einzelteile (Drähte)	Lieferwerk	
Fundamente	St I/III	14oo/ 2ooo					
Stützen	St III	2ooo					
Widerlager	St III	2ooo					
Verbundplatte	St III	2ooo					
Quervorspan-nung	St 125/ 14o	77oo	Leoba	4	12,2 mm	Krupp-Rheinhausen	

7. Auspreßmörtel von Spanngliedern

Zementart	PZ 375
Lieferwerk	Dyckerhoff - Göllheim
Zusatzmittel, Fabrikat u. Menge je 100 kg Zement	Tricosal 181 - 1 kg -
Sand-u. mehlfeine Zuschläge mit Mengenangabe je 100 kg Zement	
Wasserzusatz je 100 kg Zem.	38 l / 37 l
Sonstige Angaben	

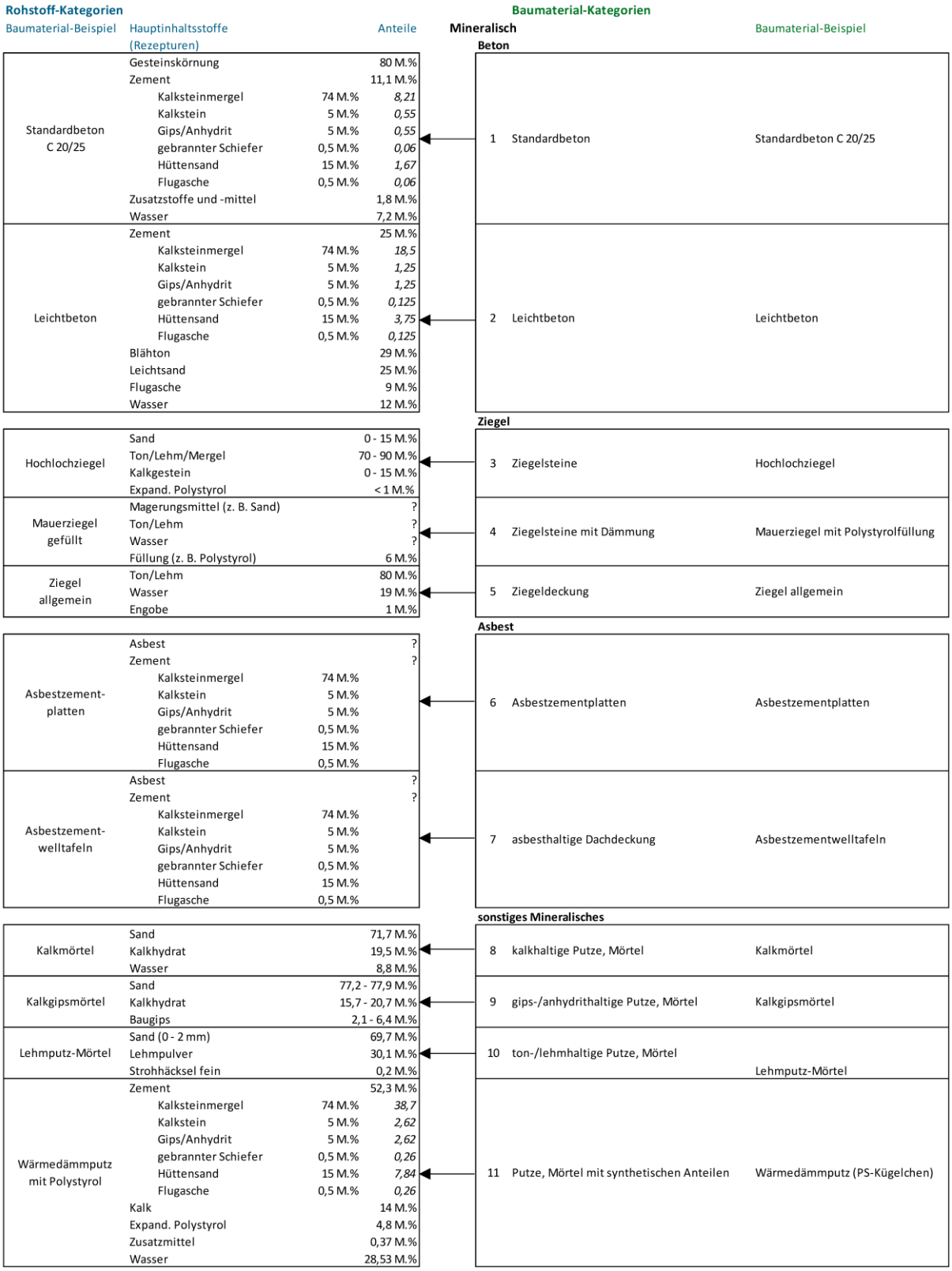
Fortsetzung von Abbildung 123

10. Betonbauteile

Brückenteil	Vorgeschrieb. Betongüte	Zementart	Zementgehalt kg/m³ fert. Beton	Zusatzmittel und hydraulische Zuschläge kg/m³ fert. Beton	Zuschlagstoffe	Würfelfestigkeit W28 nach DIN 1048 kg/cm²	Größte rechnungsmäßige Beanspruchg. kg/cm²
Fundamente	3oo	PZ275	3oo	1oo l W.	Rheinkies sort. Körn.	466-552	4o
Widerlager	3oo	"	3oo	1oo l W.	"	429/531	6o
Stützen	45o	PZ375	33o	12o l W.	"	414/472	12o
Überbau	45o	"	"	12o l W. 1,5 % v. Zementgew. Letan C	"	545/585	11o

C Anhang zu Kapitel 4

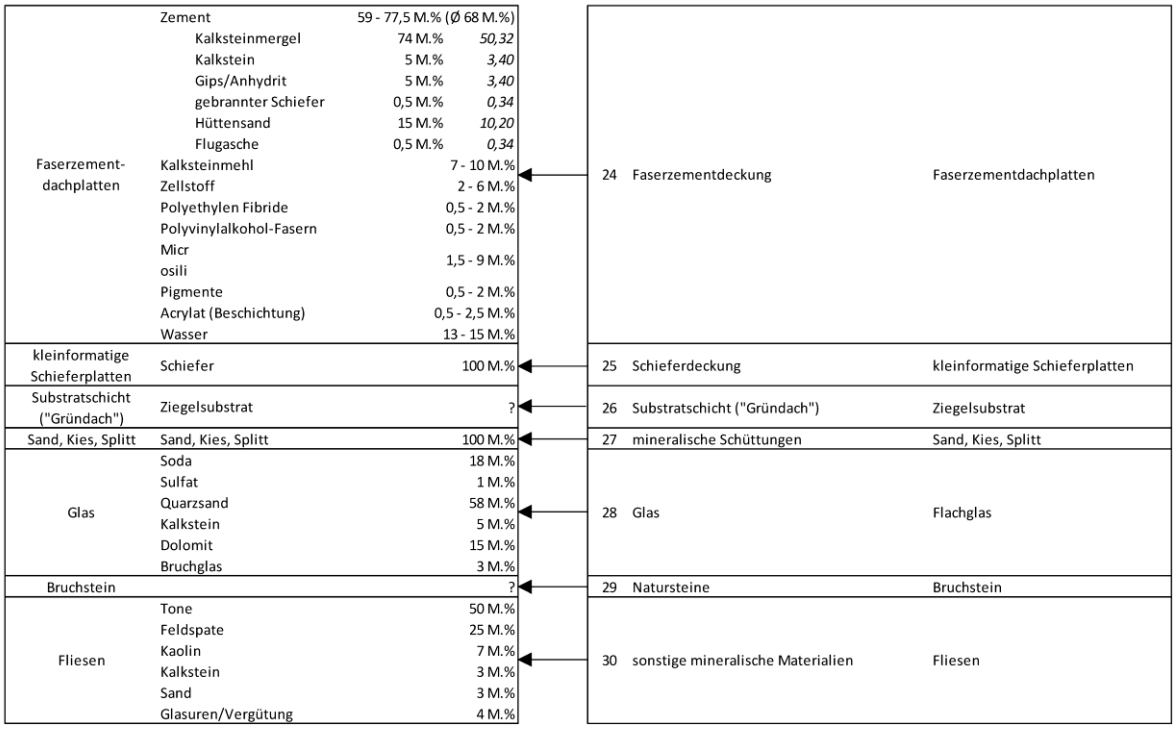
Abbildung 124 Hauptinhaltsstoffe unterschiedlicher Baumaterialien – mineralische Baumaterialien



Fortsetzung Abbildung 124

Zementestrich	Zement	13,5 - 16 M.% (Ø 14,7 M.%)		12	kalkhaltige Estriche	Zementestrich
	Kalksteinmergel	74 M.%	*10,88*			
	Kalkstein	5 M.%	*0,74*			
	Gips/Anhydrit	5 M.%	*0,74*			
	gebrannter Schiefer	0,5 M.%	*0,07*			
	Hüttensand	15 M.%	*2,20*			
	Flugasche	0,5 M.%	*0,07*			
	Sand/Gesteinskörnung		83,5 - 86,4 M.%			
	Zusätze		0,1 - 0,5 M.%			
Anhydritestrich	Sand		66,6 M.%	13	gips-/anhydrithaltige Estriche	Anhydritestrich
	Anhydrit		33,3 M.%			
Gipsfaserplatten	Gips		?	14	Trockenestrich (gips-/anhydrithaltig)	Gipsfaserplatten
	RC-Papierfasern		?			
Gussasphaltestrich	Gesteinskörnung		90 - 93 M.%	15	Estriche mit synthetischen Anteilen	Gussasphaltestriche
	Bitumen		7 - 10 M.%			
Kalksandstein	Quarzsand		73,4 M.%	16	Kalksandsteine	Kalksandsteine
	Brannkalk		6,6 M.%			
	Gesteinsmehle		2,6 M.%			
	Wasser		17,4 M.%			
Porenbeton-Blocksteine	Sand		25 - 35 M.%	17	Porenbetonsteine	Porenbeton-Blocksteine
	Zement	7,5 - 15 M.% (Ø 11,3 M.%)				
	Kalksteinmergel	74 M.%	*8,36*			
	Kalkstein	5 M.%	*0,56*			
	Gips/Anhydrit	5 M.%	*0,56*			
	gebrannter Schiefer	0,5 M.%	*0,06*			
	Hüttensand	15 M.%	*1,70*			
	Flugasche	0,5 M.%	*0,06*			
	Branntkalk		5 - 10 M.%			
	Anhydrit/Gips		1 - 2,5 M.%			
	Aluminium		0,025 - 0,05 M.%			
	Wasser		50 M.%			
Beton-Hohlblocksteine	Bims		77 M.%	18	Betonsteine	Beton-Hohlblocksteine
	Zement		11 M.%			
	Kalksteinmergel	74 M.%	*8,14*			
	Kalkstein	5 M.%	*0,55*			
	Gips/Anhydrit	5 M.%	*0,55*			
	gebrannter Schiefer	0,5 M.%	*0,06*			
	Hüttensand	15 M.%	*1,65*			
	Flugasche	0,5 M.%	*0,06*			
	Flugasche		1 M.%			
	Basalt		11 M.%			
	Wasser		?			
Lehmausfachung	fetter Baulehm		33,3%	19	Lehmsteine	Lehmausfachung
	Holzhackschnitzel		66,6%			
	Anmachwasser		?			
Gipskartonplatten	gebrannter Gips		95 M.%	20	Gips-/Gipskartonplatten	Gipskartonplatten
	Karton		5 M.%			
	Wasser		?			
ebene Faserzement-platten	Portlandzement		84 M.%	21	mineralische Bauplatten	ebene Faserzementplatten
	Kalksteinmergel	74 M.%	*62,16*			
	Kalkstein	5 M.%	*4,20*			
	Gips/Anhydrit	5 M.%	*4,20*			
	gebrannter Schiefer	0,5 M.%	*0,42*			
	Hüttensand	15 M.%	*12,60*			
	Flugasche	0,5 M.%	*0,42*			
	Kalksteinmehl		9 M.%			
	Zellstoff		3 M.%			
	Polyethylenfibride		2 M.%			
	Polyvinylalkohol		2 M.%			
	Wasser		0,6 m³/t			
Steinwolle	Fäden aus Gesteinen (Diabas oder Basalt und Dolomit, Kalkstein, Zement, Koks)		40 - 50 M.%	22	mineralische Wärmedämmstoffe	Steinwolle
	Formsteine aus Zerfaserungsabfällen		45 - 60 M.%			
	harnstoffmodifizierte Phenol-Formaldehydharze		1 - 3,5 M.%			
	ggf. Mineralöle		?			
	Kaschierung (z.B. Alufolie, Glasvlies)		?			
Betondachsteine	Zement		18,5 M.%	23	Betondachsteindeckung	Betondachsteine
	Kalksteinmergel	74 M.%	*13,69*			
	Kalkstein	5 M.%	*0,925*			
	Gips/Anhydrit	5 M.%	*0,925*			
	gebrannter Schiefer	0,5 M.%	*0,09*			
	Hüttensand	15 M.%	*2,78*			
	Flugasche	0,5 M.%	*0,09*			
	Quarzsand		72 M.%			
	Pigmente		0,4 M.%			
	Wasser		8,1 M.%			
	Beschichtung		0,9 M.%			

Fortsetzung Abbildung 124



Faserzement-dachplatten	Zement	59 - 77,5 M.% (Ø 68 M.%)		24	Faserzementdeckung	Faserzementdachplatten
	Kalksteinmergel	74 M.%	*50,32*			
	Kalkstein	5 M.%	*3,40*			
	Gips/Anhydrit	5 M.%	*3,40*			
	gebrannter Schiefer	0,5 M.%	*0,34*			
	Hüttensand	15 M.%	*10,20*			
	Flugasche	0,5 M.%	*0,34*			
	Kalksteinmehl	7 - 10 M.%				
	Zellstoff	2 - 6 M.%				
	Polyethylen Fibride	0,5 - 2 M.%				
	Polyvinylalkohol-Fasern	0,5 - 2 M.%				
	Micr osili	1,5 - 9 M.%				
	Pigmente	0,5 - 2 M.%				
	Acrylat (Beschichtung)	0,5 - 2,5 M.%				
	Wasser	13 - 15 M.%				
kleinformatige Schieferplatten	Schiefer	100 M.%		25	Schieferdeckung	kleinformatige Schieferplatten
Substratschicht ("Gründach")	Ziegelsubstrat	?		26	Substratschicht ("Gründach")	Ziegelsubstrat
Sand, Kies, Splitt	Sand, Kies, Splitt	100 M.%		27	mineralische Schüttungen	Sand, Kies, Splitt
Glas	Soda	18 M.%		28	Glas	Flachglas
	Sulfat	1 M.%				
	Quarzsand	58 M.%				
	Kalkstein	5 M.%				
	Dolomit	15 M.%				
	Bruchglas	3 M.%				
Bruchstein		?		29	Natursteine	Bruchstein
Fliesen	Tone	50 M.%		30	sonstige mineralische Materialien	Fliesen
	Feldspate	25 M.%				
	Kaolin	7 M.%				
	Kalkstein	3 M.%				
	Sand	3 M.%				
	Glasuren/Vergütung	4 M.%				

Quelle: eigene Darstellung mit Daten aus wecobis, ökobaudat, EPDs verschiedener Hersteller u. a.

Abbildung 125 AVV-Schlüssel und Erweiterungsvorschläge

Abfallschlüssel				Abfallbezeichnung
1	2	3	4	
17				Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)
17	01			Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik, Mauerwerk, Lehm
17	01	01		Beton
17	01	01	01	Normalbeton
17	01	01	02	Leichtbeton
17	01	01	03	Beton mit Faserbewehrung
17	01	02		Ziegel
17	01	02	01	Hintermauerziegel
18	01	02	02	Hintermauerziegel mit Dämmstofffüllung
17	01	02	03	Dachziegel
17	01	03		Fliesen und Keramik
17	01	04		Mauerwerk mit Ausnahme desjenigen, das nicht unter 17010201 fällt
17	01	04	01	Porenbeton
17	01	04	02	Kalksandsein
17	01	04	03	frei
17	01	04	04	frei
17	01	05		Lehm
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	01	08		Gemische aus mineralischen und organischen Stoffen (z.B. Zementgebundene Spanplatten, Zementgebunde Holzwolle-Leichtbauplatten, etc.)
17	01	09		frei,
17	02			Holz, Glas und Kunststoff
17	02	01		Holz
			1	Holz der Kategorien I und II nach Altholzverordnung
			2	Holz der Kategorien bis inkl. III nach Altholzverordnung
			3	Holz der Kategorie IV nach Altholzverordnung
			4	Holz, gemischt
17	02	02		Glas
17	02	03		Kunststoff
17	02	03	01	PVC
17	02	03	02	Polyolefine
17	02	03	03	Polystyrol
17	02	03	04	gemischte Kunststoffe
17	02	04*		Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
17	03			Bitumengemische, Kohlenteer und teerhaltige Produkte
17	03	01*		kohlenteerhaltige Bitumengemische
17	03	02		Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen
			1	Bitumengemische aus Straßenaufbruch
			2	Dachbahnen und andere Bitumenbauteile
17	03	03*		Kohlenteer und teerhaltige Produkte
17	04			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	08		frei
17	04	09*		Metallabfälle, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
17	04	10*		Kabel, die Öl, Kohlenteer oder andere gefährliche Stoffe enthalten
17	04	11		Kabel mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 04 10 fallen

Fortsetzung Abbildung 125

17	05			Boden (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten), Steine und Baggergut
17	05	01		frei
17	05	02		frei
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
			1	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
			2	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
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	02		frei
17	06	03*		anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
17	06	03*	01	Steinwolle, die aus gefährlichen Stoffen besteht
17	06	03*	02	Glaswolle, die aus gefährlichen Stoffen besteht
17	06	03*	03	Polystyrol das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
17	06	03*	04	PUR/PIR das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
17	06	03*	05	gemischtes 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	04	01	Steinwolle
17	06	04	02	Glaswolle
17	06	04	03	Gemischtes Dämmmaterial aus anorganischen Stoffen
17	06	04	04	EPS/XPS
17	06	04	05	PUR/PIR
17	06	04	06	Gemischtes Dämmmaterial aus organischen Stoffen
17	06	04	07	Gemischtes Dämmmaterial aus nachwachsenden Stoffen
17	06	05*		asbesthaltige Baustoffe
17	07			frei
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	08	02	01	Gipskaton, Gipsbauplatten
17	08	02	02	sonstige Baustoffe aus Gipsbasis
17	09			Sonstige Bau- und Abbruchabfälle
17	09	01		frei
17	09	02		frei
17	09	03		frei
17	09	04		gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen
			1	gemischte Bau- und Abbruchabfälle, frei von mineralischen Anteilen
			2	gemischte Bau- und Abbruchabfälle, frei von organischen Anteilen
17	10			frei

Quelle: Eigene Darstellung

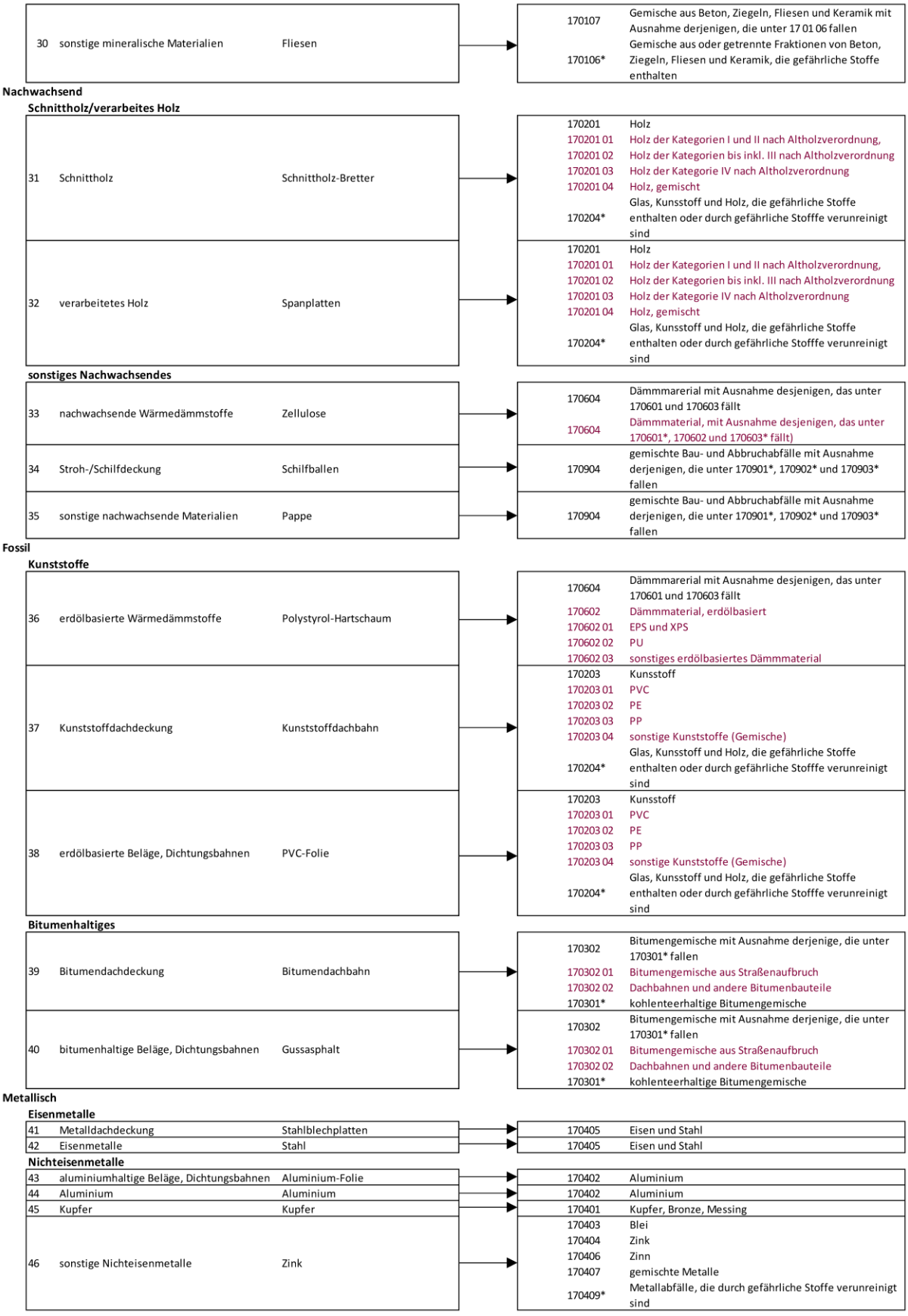
Abbildung 126 Zuordnung der Baumaterialien zu Abfallkategorien – Gesamtliste

Baumaterial-Kategorien		Baumaterial-Beispiel	Abfall-Kategorien Anteile %	Abfall-schlüssel	Abfallbezeichnung
Mineralisch					
Beton					
1	Standardbeton	Standardbeton C 20/25	40	170101	Beton
				170101 01	Normalbeton
			60	170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
2	Leichtbeton	Leichtbeton		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170101 02	Leicht-/Magerbeton
Ziegel					
3	Ziegelsteine	Hochlochziegel	5	170102	Ziegel
				170102 01	aus Mauerwerk
			95	170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
4	Ziegelsteine mit Dämmung	Mauerziegel mit Polystyrolfüllung		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
5	Ziegeldeckung	Ziegel allgemein	20	170102	Ziegel
				170102 01	aus Dacheindeckung
			80	170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
Asbest					
6	Asbestzementplatten	Asbestzementplatten		170605*	asbesthaltige Baustoffe
7	asbesthaltige Dachdeckung	Asbestzementwelltafeln		170605*	asbesthaltige Baustoffe
sonstiges Mineralisches					
8	kalkhaltige Putze, Mörtel	Kalkmörtel	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
9	gips-/anhydrithaltige Putze, Mörtel	Kalkgipsmörtel	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
10	ton-/lehmhaltige Putze, Mörtel	Lehmputz-Mörtel	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
11	Putze, Mörtel mit synthetischen Anteilen	Wärmedämmputz (PS-Kügelchen)	89,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
			10		feinteilige Abbruchanteile, verbleiben auf der Baustelle
12	kalkhaltige Estriche	Zementestrich	99,5	170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
			0,5	170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
				170107[a)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				1708[a)]	Baustoffe auf Gipsbasis
			[a)] Wenn Estriche schwimmend verlegt sind, werden sie separat herausgenommen und sind separierbar/zuordenbar.		
13	gips-/anhydrithaltige Estriche	Anhydritestrich	94,5	170107[b)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
			[b)] Gips läuft über 170107, wird aber über eine Deponie entsorgt.		
			0,5	170106*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
			5	1708	Baustoffe auf Gipsbasis
14	Trockenestrich (gips-/anhydrithaltig)	Gipsfaserplatten	94,5	170107[b)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
			[b)] Gips läuft über 170107, wird aber über eine Deponie entsorgt		
			0,5	170106*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
			5	1708	Baustoffe auf Gipsbasis

Fortsetzung Abbildung 126

15	Estriche mit synthetischen Anteilen	Gussasphaltestriche		170106*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
				170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
				170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
16	Kalksandsteine	Kalksandsteine		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170104	Kalksandstein
17	Porenbetonsteine	Porenbeton-Blocksteine		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170105	Porenbeton
18	Betonsteine	Beton-Hohlblocksteine		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
19	Lehmsteine	Lehmausfachung		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
20	Gips-/Gipskartonplatten	Gipskartonplatten	25	170107[b)]	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				[b)] Gips läuft über 170107, wird aber über eine Deponie entsorgt	
			50	1708	Baustoffe auf Gipsbasis
				170802 01	Baustoffe auf Gipsbasis, recyclingfähig
				170802 02	Baustoffe auf Gipsbasis, nicht recyclingfähig sowie Anhydrit-Baustoffe
			25	170904	gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen
21	mineralische Bauplatten	ebene Faserzementplatten		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170904	gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen
22	mineralische Wärmedämmstoffe	Steinwolle		170604	Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt
				170603*	anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
				170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170503*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
				170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
				170904	gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen
23	Betondachsteindeckung	Betondachsteine		170101	Beton
				170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
24	Faserzementdeckung	kleinformatige Faserzementplatten		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
25	Schieferdeckung	kleinformatige Schieferplatten		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
26	Substratschicht ("Gründach")	Ziegelsubstrat		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
27	mineralische Schüttungen	Sand, Kies, Splitt		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
				170504 01	Altmaterial aus den ungebundenen Schichten des Straßen- und Wegebaus
				170504 02	Boden und Steine als Bodenaushubmaterial
28	Glas	Flachglas		170202	Glas
				170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
29	Natursteine	Bruchstein		170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
				170106*	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten

Fortsetzung Abbildung 126



Quelle: eigene Darstellung