

## **Stoffpass Gebäude**

Entwicklung von Grundlagen für das operative Ressourcenmanagement im Real-estate  
development und Baukonstruktion

Band II

Abschlussbericht

Förderkennzeichen

FKZ/AZ 31077

### **Antragsteller:**

Technische Universität München

Fakultät Bau Geo Umwelt und Wissenschaftszentrum Weihenstephan  
mit Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG, München

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Arcisstraße 21, 80333 München



HFM Holzforschung München

Prof. Dr. Klaus Richter

Winzererstr. 45, 80797 München



### **Bearbeitet von:**

Stephan Ott, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Barbara Hausmann, HFM und Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG

**Eingereicht am 30.09.2015**

Bezugsmöglichkeit des Berichts:

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Dipl.-Ing. Stephan Ott M.A.  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Germany

Tel: +49 (0)89 289-22416  
Fax: +49 (0)89 289-23014  
Web: <http://www.hb.bgu.tum.de>  
Email: [bauko@bv.tum.de](mailto:bauko@bv.tum.de)

Dieser Bericht ist über die website des Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion in elektronischer Form abrufbar.

## **Stoffpass Gebäude**

Entwicklung von Grundlagen für das operative Ressourcenmanagement im Real-estate  
development und Baukonstruktion

Band II

Abschlussbericht

Förderkennzeichen

FKZ/AZ 31077

### **Antragsteller:**

Technische Universität München

Fakultät Bau Geo Umwelt und Wissenschaftszentrum Weihenstephan  
mit Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG, München

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Arcisstraße 21, 80333 München



HFM Holzforschung München

Prof. Dr. Klaus Richter

Winzererstr. 45, 80797 München



### **Bearbeitet von:**

Stephan Ott, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Barbara Hausmann, HFM und Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG

**Eingereicht am 30.09.2015**



**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>31077</b>	Referat	<b>23</b>	Fördersumme	<b>124.206</b>	<b>€</b>
<b>Antragstitel</b>	<b>Stoffpass Gebäude Entwicklung eines operativen Stoffstrommanagements für Neubau und Bestand</b>					
<b>Stichworte</b>	Ressourceneffizienz, Gebäudelebenszyklus, Stoffstrommanagement, Management of material flows, Bauprozessmanagement, resource management, Immobilienentwicklung, real estate development, Baubetriebswirtschaft, Bauqualität, Nachhaltige Entwicklung, Life-cycle Engineering					
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)			
<b>23 Monate</b>	<b>03.07.2013</b>	<b>31.05.2015</b>	<b>1</b>			
Zwischenberichte						
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter Technische Universität München Arcisstr. 21; 80333 München			Tel. 089-289-22081 (Baukonstruktion) 089-2180-6434 (Holzforschung)		
	Holzforschung München Univ.-Prof. Dr. Klaus Richter Winzererstr. 45 80797 München			Projektleitung TUM, LS HBB, Stephan Ott		
				Bearbeiter Stephan Ott, Barbara Hausmann, Annette Hafner		
<b>Kooperationspartner</b>	Bayerische Hausbau GmbH&Co.KG Denninger Str. 165 81925 München					
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>						
<p>Nachhaltige Entwicklung als Ziel für Bauprozesse umfasst den gesamten Lebenszyklus von der Ressourcenextraktion bis zum Recycling oder der energetischen Verwertung. Derzeit wird in der Planung und Projektentwicklung meist nur die Herstellungsphase, unzureichend die Nutzungsphase, selten die Entsorgungsphase und der Rückbau bzw. die Wiederverwendbarkeit vorhandener Bausubstanz berücksichtigt. Auch nach der Ressourcenherkunft wird selten gefragt. Information, um umweltrelevante Aspekte in die Bauplanung, -prozesse und Kontrolle mit einfließen zu lassen, ist rar, was wiederum den Begriff des „nachhaltigen Bauens“ in der Praxis verzerrt, und umweltrelevante Information bei der Entscheidungsfindung außen vor lässt. Diese Tatsache möchte der Stoffpass klären und zur Implementierung des Ökologiebegriffs nach umweltnaturwissenschaftlicher Definition entsprechenden Fakten in Bauprozesse beitragen. Der Stoffpass soll als Grundlage zu Datenerhebung und –verwendung für Daten des Stoffstrommanagements dienen, und verbaute Materialien dokumentieren. Im Zuge dieses Prozesses werden Inhalte und Strukturen identifiziert, die der Ressourceneffizienz im Wege stehen. Diese werden durch das Forschungsvorhaben analysiert und optimiert.</p>						
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>						
<p>Ausgehend von der Entwicklung der Projektbegleitung (Systementwicklung) zeigen sich relevante Ansatzpunkte für den Stoffpass im Bauwesen und gleichzeitig wird der Einzugsbereich der Studie abgegrenzt. Eine Datenbank für die Stoffbuchhaltung sammelt die Informationen zu unterschiedlichen Szenarien der Fertigung und Konstruktion, verknüpft sie mit umweltrelevanten Daten aus Prozessen und Information über Ressourcen. Auf Basis der Systementwicklung und der Daten wird ein theoretisches Modell entwickelt, in dem die Interaktionen und Rückkopplungen des Systems und ihre Ursachen untersucht werden. In Analysen der Fallstudie werden Kennwerte erarbeitet, sowie ein Leitfaden für die Anwendung in der Praxis.</p>						
Deutsche Bundesstiftung Umwelt □ An der Bornau 2 □ 49090 Osnabrück □ Tel 0541/9633-0 □ Fax 0541/9633-190 □ <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>						

## **Ergebnisse und Diskussion**

Der Stoffpass ist als Informationsinstrument der Projektentwicklung konzipiert, er steht am Anfang der Projektentwicklung und unterstützt sowohl Marketing als auch eine optionale Nachhaltigkeitsbewertung. Dabei leistet er eine wichtige Mittlerfunktion mit den „Laien“ im Bauprozess, dem Endkunden. Er enthält verständliche, begreifbare Informationen zum Ressourcenaufwand des Projekts und zeigt bei entsprechender Informationsaufbereitung die Verteilung der Ressourcenanteile, Recyclinganteile oder Stoffherkünfte. Der Stoffpass liefert nebenbei wesentliche Basisinformationen für die Sachbilanz aus der dann Ökobilanzen oder der Carbon Footprint (CF) für das Corporate Social Responsibility (CSR) reporting erstellt werden. Anhand der Ressourcendefinition des VDI und der Qualifizierung von Stoffen mit Kennzahlen zum Verbrauch an Herstellungsenergie ist ein entscheidender Schritt in der Prozessanalyse geschehen. Denn es werden nicht nur die Rohstoffe und Produkte selbst erfasst, sondern bereits auch die zur Rohstoffbereitstellung notwendige Energie. Damit erhält jeder Stoff oder sein verarbeitetes Produkt eine Wertigkeit zugewiesen, die den Aufwand zur Bereitstellung beschreibt. Mit der Erweiterung der Stoffflüsse um den energetischen Aufwand kommen Verfahren der LCA in die Stoffstromanalyse, wie Abschneidekriterien oder Allokation, so dass eine Anwendung und Interpretation derselben gesondert betrachtet werden muss.

Der Stoffpass kann folgendermaßen ausgestaltet werden:

- a. Status quo Dokumentation mit Erfassung der Stoffmengen im Bauwerk (bauwerkspezifisch anwendbar, über den Lebenszyklus, mit Fokus auf Lebensende und Herstellung des Bauwerks),
- b. Zusätzliche Qualifizierung weiterer Eigenschaften (z.B. Herkunft, Knappheit, industrial ecology usw.) über externe Datenquellen,
- c. Dezidierte Erweiterung um die energetischen (herstellungsspezifischen) Eigenschaften von einzelnen Baustoffen, unter Berücksichtigung folgender Probleme:
  - i. Ausweitung der Kennzahlen, um die Komplexität von Produkten abzubilden,
  - ii. Streit um die richtige Datenbasis (bzw. herstellernerneutrale Informationen),
  - iii. Klärung und Festlegung der Systemgrenzen.

Daraus können verschiedene Schlüsse gezogen werden:

- a. Erforderliche Kenntnis der Gewinnungs- und Verarbeitungsprozesse, Herkunft und Transportwege, Bauwerks- und Bauteilkonzeption,
- b. Erfassung und Qualifizierung der im Bestand verbauten Stoffe und ihrer Kontexte,
- c. Vorwegnahme der erforderlichen Rückbauprozesse und –ergebnisse zur Produktverbesserung.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Veröffentlichungen und Vorträge unter anderem bei: IALCCE 2014; Holzwissenschaftliches Seminar München; C.A.R.M.E.N. Symposium 2015; DBU Sommerakademie 2015; Messeauftritt auf der BAU 2015 in München; weitere eingereichte bzw. geplante Veröffentlichungen: Sustainable Built Environment 2016 Zürich; IALCCE 2016; Kooperation mit TUMWood und Bauteilnetz Dtl. in weiteren Projekten.

## **Fazit**

Der Stoffpass zielt darauf ab, Informationen über den Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung durch ein Bauprojekt anhand dessen ökologischer Wirkungsfähigkeit und Umweltentlastung durch effizientere Verwendung von Material, gezieltem Stoffstrommanagement. Diese wird mit der Stoffdokumentation aufgezeigt und als einer stoffbezogenen Leistungsfähigkeit (resource performance) beschrieben. Der Stoffpass als Analysetool ermöglicht es zu umweltrelevanten Materialeigenschaften, Bauteilfunktionen zu gelangen und diese gezielt zu beeinflussen und benutzt auf der Gebäudeebene bestehende Prozesse im Zusammenhang Immobilienentwicklung–Investor/Nutzer–Bauprozess. Er verknüpft bestehende Tools zur Bewertung, Kontrolle und Umsetzung (z.B. Ausschreibung, DIN 276, LV, Kosten, EPD, Zertifizierung). Dies geschieht quantitativ (welche Stoffe sind verwendet, wo sind Daten) und qualitativ (welche Wertigkeit nimmt welche Information ein). Ein Ausblick auf die Möglichkeiten der Informationsverknüpfung und Kontrolle wird gegeben. Konkret geht es darum, wie der Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Entscheidungsebenen bei Konzepterstellung, der geplanten Material- und damit Stoffauswahl und dem Management funktioniert.

# 1 Inhalt

1	Inhalt .....	1-7
2	Abbildungen .....	2-10
3	Tabellen .....	3-13
4	Zusammenfassung .....	4-14
5	Abkürzungen .....	5-16
6	Ausgangslage .....	6-17
6.1	Hintergrund.....	6-17
6.2	Stand der Technik für Ansatz- und Einsatzpunkte eines Stoffpasses im Bauprozess.....	6-18
6.2.1	Ressourcenverbrauch und Defizite stofflicher Gebäudeinformation .....	6-18
6.2.2	Abgrenzung zu Instrumenten der Nachhaltigkeits- und stofflichen Gebäudebewertung....	6-28
7	Zielsetzung .....	7-28
7.1	Allgemeine Ziele .....	7-28
7.2	Operationalisierung der Ziele .....	7-29
7.3	Motivation auf politischer Ebene.....	7-30
8	Methodik.....	8-32
8.1	Case study research.....	8-32
8.2	Herstellungs- und Rückbauszenarien .....	8-32
8.3	Verwendete Daten und Datenqualität .....	8-33
9	Annäherung an Ressourcenfragen aus immobilienökonomischer Perspektive .....	9-34
9.1	Nachhaltige Entwicklung und Immobilienunternehmen.....	9-34
9.1.1	Nachhaltige Entwicklung als unternehmerisches Ziel.....	9-34
9.1.2	Nachhaltige Gebäude.....	9-35
9.2	Entscheidungen in der Immobilienentwicklung – erklärt für die Integration eines umweltwissenschaftlichen Anspruchs .....	9-35
9.2.1	Die Immobilie als Wirtschaftsgut.....	9-35
9.2.2	Die Immobilien - Projektentwicklung.....	9-36
9.2.3	Das Immobilienmanagement.....	9-37
9.2.4	Von der Immobilienentwicklung zum Gebäude .....	9-40
9.2.5	Integration eines Stoffpasses .....	9-45
9.3	Verantwortung der Initialen Planungsphase .....	9-46
9.3.1	Einfluss der Initialen Planungsphase auf den gesamten Gebäudelebenszyklus .....	9-46
9.3.2	Produktverantwortung des Konsumenten .....	9-46
9.4	Informationsquellen für die Initiale Planungsphase im Kontext des Lebenszyklusbegriffs .....	9-48
9.4.1	EPD Environmental Product Declaration .....	9-48
9.4.2	Tools für umweltrelevante Information .....	9-49

9.4.3	Möglichkeiten der Einflussnahme auf Materialentscheidungen im Gebäudelebenszyklus .	9-50
9.4.4	Materialinformation für umweltwissenschaftliche Dokumentation .....	9-51
9.5	Nachhaltige Entwicklung und Immobilieninvestitionen .....	9-53
9.5.1	Materialfragen für nachhaltigen Konsum .....	9-53
9.5.2	Materialfragen, Bewertung und Investitionen .....	9-54
9.5.3	Materialrelevante Risiken aus Unternehmenssicht .....	9-59
10	Ressourcenrelevante Aspekte von Konstruktionen .....	10-60
10.1	Konstruktionen - Einwirkungen auf und Anforderungen an Ressourcenfragen .....	10-60
10.1.1	Ressourceneffizienzpolitik .....	10-60
10.1.2	Ressourceneffizienz im Kontext Konstruktion von Bauwerken .....	10-60
10.1.3	Abgrenzung zur Nachhaltigkeitsbewertung .....	10-61
10.1.4	Stofflager Gebäude und Stadt .....	10-62
10.2	Strategien zur Steigerung der konstruktiven Ressourceneffizienz .....	10-63
10.2.1	Strategieziele – Baustoffverwendung im Lebenszyklus von Bauwerken .....	10-64
10.2.2	Konstruktion und Ressourceninformation .....	10-67
10.2.3	End-of-life und Ressourceninformation .....	10-68
10.3	Rahmenwerk baukonstruktiver Stoffklassifizierung .....	10-69
10.3.1	Bestehende Informationssysteme .....	10-70
10.3.2	Stoffpass als Informationssystem .....	10-73
10.3.3	Framework zur Erfassung .....	10-75
10.3.4	Modellierung von Stoffströmen in Konstruktionen .....	10-81
11	Unterstützung für die Entscheidungsfindung im Kontext Management-Konzept-Material .....	11-85
11.1	Informationsinstrument Stoffpass .....	11-85
11.2	Diskussion der Case-study Ergebnisse .....	11-87
11.2.1	Fallstudie 1, Projekt HOÄ München .....	11-87
11.2.2	Fallstudie 2, Projekt TeLA, München .....	11-93
11.2.3	Rückbau beider Fallstudien .....	11-99
11.2.4	Kosten rückbaugerechter Konstruktionen .....	11-105
11.3	Fazit: Materialentscheidungen, Konstruktionen und Recycling im Lebenszyklus .....	11-108
11.3.1	Materialrelevante Information als Entscheidungsgrundlage in der Immobilienentwicklung ..	11-108
11.3.2	Konstruktionsbezogene Material- und Ressourceneffizienz .....	11-111
11.3.3	Fazit .....	11-112
11.3.4	Vorschlag von Handlungsschritten in Entscheidungsprozessen .....	11-115
11.4	Anwendbarkeit und Einsatzmöglichkeiten sowie Verbreitung der Ergebnisse .....	11-116



11.4.1	Abschlussarbeiten und Studienarbeiten der universitären Projektpartner .....	11-116
11.4.2	Veröffentlichungen.....	11-117
11.4.3	Messeauftritt.....	11-118
11.4.4	Vorträge.....	11-119
11.4.5	Sonstige.....	11-119
12	Ausblick und Forschungsbedarf .....	12-120
13	Literatur.....	13-122
14	Anhang I.....	14-127
15	Anhang II.....	15-132

## 2 Abbildungen

Abb. 1 Baubestand der Stadt Wien als Ressourcenlager, Obernosterer 2000 .....	6-19
Abb. 2 Baubestand in Deutschland nach Gebäudeklassen und Hauptbauprodukten der Konstruktion, Ortlepp 2014.....	6-21
Abb. 3 Ansatzpunkt für den Stoffpass durch Lager als Quelle. Beitrag zur Vermeidung von Dissipation durch Deponierung bzw. Entzug aus dem technischen Stoffkreislauf .....	6-21
Abb. 4 Konzeption der VDI Richtlinie Ressourceneffizienz, nach E VDI 4800-1:2014 .....	6-25
Abb. 5 Erfolgsdimensionen aus Investorensicht, nach Pfnür 2011 .....	9-36
Abb. 6 „Haus der Immobilienökonomie“: Stakeholder und Interessen in der Immobilienökonomie, IREBS 2015.....	9-37
Abb. 7 Elemente des Immobilienmanagements, Pfnür 2011 .....	9-38
Abb. 8 Prozesskette aus Dienstleistungen für Nutzer und Eigentümer bei Immobilien, Pfnür 2011 .....	9-39
Abb. 9 Phasen der Projektentwicklung, Pfnür 2011 .....	9-40
Abb. 10 Ablauf und Gegenstand der Projektentwicklung zur Baurealisierung.....	9-43
Abb. 11 Struktur des Gebäudelebenszyklus im Zusammenhang mit Immobilienentscheidungen .....	9-46
Abb. 12 Die Schritte zur EPD im Überblick, IBU 2014.....	9-49
Abb. 13 Verschiedene Informationsquellen und tools zu nachhaltigkeitsrelevanter Information, intep.....	9-50
Abb. 14 Möglichkeiten der Einflussnahme in den verschiedenen Projektphasen am Beispiel Kosten, Zimmermann 2010 .....	9-51
Abb. 15 Lebenszyklus einer Immobilie entsprechend der Auffassung von CEN/ TC 350, Hardziewski 2012 9-52	
Abb. 16 Sinus-Milieus, sinus institut 2015 .....	9-53
Abb. 17 Parameter des Vergleichswertverfahrens, CCRS 2011 nach Leopoldsberger 2010 .....	9-58
Abb. 18 Rückbaufraktionen haben heutzutage einen hohen Anteil an Reststoffen, Kamrath 2012 .....	10-63
Abb. 19 Kommunikationsanforderung als Verbindung zwischen Prozess und Daten, IDM 2010.....	10-69
Abb. 20 WECOBIS Struktur bildet Lebenszyklus ab, allerdings sind wenige Informationen zu Nachnutzung enthalten.....	10-71
Abb. 21 Merkmale eines Gebäudes zur Überführung in eine Rahmenbeschreibung des Stoffpasses ....	10-74
Abb. 22 Methodische Vorgehensweise durch Verständnis der Wechselwirkung Planung / Ausführung mit Systemmodell.....	10-75
Abb. 23 Kategorisierung der konstruktiven Bauteile eines Bauwerks .....	10-77
Abb. 24 Detailanalyse (links) und Verknüpfung mit externen Datenquellen (rechts) .....	10-78
Abb. 25 Erstellung eines Ressourcendiagramms zur Kommunikation der Stoffdiversität .....	10-79
Abb. 26 Verknüpfung von Stofftypen mit Baumassen.....	10-80
Abb. 27 Erweiterte Betrachtung der Stoffverwertung über den Lebensweg.....	10-81
Abb. 28 Gesamtsystembild Stoffstrom Dachkonstruktion, ifu Hamburg GmbH 2014a, Bayer 2014. ....	10-83
Abb. 29 Stoffpass als Informations- und Steuerungsinstrument von Wirtschaft und Politik .....	11-86
Abb. 30 Projekt A Grundriss.....	11-88
Abb. 31 Projekt B Grundriss .....	11-88
Abb. 32 Projekt D Grundriss .....	11-88

Abb. 33 Projekt C Grundriss .....	11-88
Abb. 34 Allgemeine Vorgehensweise der Analyse der Konstruktionen sowie deren Bewertung.....	11-90
Abb. 35 Detailausschnitt Außenwand Holzbau, Fallstudie 1. ....	11-91
Abb. 36 Auswertung der Stoffmassen von Fallstudie 1 in einer treemap. Grafik in der proportional zur Masse die Fläche und Gruppe am größten ist, eigene Darstellung [Ott]. ....	11-92
Abb. 37 Fallstudie 1 als Treemap für die Energiedichte zeigt PEI nicht erneuerbar je Stoffmasse und somit die Verteilung höchsten Energieinhalte der unterschiedlichen Stoffe, eigene Darstellung [Ott]. ....	11-92
Abb. 38 Grundriss Dachaufstockung Fallstudie 2, TeLA. ....	11-94
Abb. 39 Querschnitte von Fallstudie 2.....	11-95
Abb. 40 Foto von Fassadensituation und Baustelle der Fallstudie 2. ....	11-95
Abb. 41 Stoffinventar Dachrückbau und –aufstockung, Fallstudie 2 .....	11-96
Abb. 42 Detailausschnitt Außenwand Dachaufstockung von Fallstudie 2 .....	11-96
Abb. 43 Masseverteilung des Wandaufbaus Holzbau, Wilhelm 2014 .....	11-97
Abb. 44 Fallstudie 2 als Treemap der Stoffmassen nach Bauprodukthauptgruppen, eigene Darstellung [Ott] .....	11-98
Abb. 45 Fallstudie 2 als Treemap für die Energiedichte zeigt PEI nicht erneuerbar je Stoffmasse und somit die Verteilung höchsten Energieinhalte der unterschiedlichen Stoffe, eigene Darstellung [Ott] .....	11-98
Abb. 46 Vorgehen stoffliche Analyse, Grill 2014 .....	11-99
Abb. 47 Möglichkeiten der Nachnutzung, Grill 2014 .....	11-100
Abb. 48 Anteile Nachnutzungskategorien bei der Entsorgung des Dachabbruch, Grill 2014.....	11-101
Abb. 49 Ergebnis der End-of-life Szenarien für beide Fallstudien, links in rel. Häufigkeit [%], rechts in Masse/BGF [kg/m <sup>2</sup> ] .....	11-103
Abb. 50 Modell des selektiven Rückbaus des Außenwandaufbaus der Fallstudie 1, Grill 2014.....	11-103
Abb. 51 Modell des selektiven Rückbaus des Wandaufbaus der Fallstudie 2, Grill 2014 .....	11-104
Abb. 52 Synopse des Entsorgungsszenarios nach Stoffen gegenüber dem konstruktiv orientierten, selektiven Szenarios mit Berücksichtigung der Einbausituation .....	11-104
Abb. 53 Gesamtkosten Holzaußenwand mit überwiegend nachwachsenden Rohstoffen (d.h. kleine Anteile Kunst-& Mineralstoffe verbaut), Kroll 2014 .....	11-105
Abb. 54 Gesamtkosten Holzaußenwand mit bedingt nachwachsenden Rohstoffen (d.h. wenig Anteil nachwachsende Rohstoffe), Kroll 2014 .....	11-105
Abb. 55 Gesamtkosten Holzboden mit überwiegend nachwachsenden Rohstoffen (d.h. kleine Anteile Kunst-& Mineralstoffe verbaut), Kroll 2014 .....	11-106
Abb. 56 Gesamtkosten Holzboden mit bedingt nachwachsenden Rohstoffen (d.h. wenig Anteil nachwachsende Rohstoffe), Kroll 2014 .....	11-106
Abb. 57 Gesamtkosten Holzdach mit überwiegend nachwachsenden Rohstoffen (d.h. kleine Anteile Kunst-& Mineralstoffe verbaut), Kroll 2014 .....	11-107
Abb. 58 Gesamtkosten Holzdach mit bedingt nachwachsenden Rohstoffen (d.h. wenig Anteil nachwachsende Rohstoffe), Kroll 2014 .....	11-107
Abb. 59 Integraler Zusammenhang Kostenpolitik und Baukonstruktion, Pfnür 2011. ....	11-109
Abb. 60 Medien zur Aufnahme von Stoffpass-Information und Integration in den Entscheidungsprozess der frühen Planungsphase.....	11-110

Abb. 61 Ressourceneffizienzrisiken, eigene Darstellung [Ott] .....	11-112
Abb. 62 Handlungsansätze (innerer Kreis) der Immobilienentwicklung auf den Projekt- und Lebenszyklus (äußerer Kreis) einer Immobilie, eigene Darstellung [Hausmann]. .....	11-113
Abb. 63 Einflussnahme der Immobilienentwicklung auf Stakeholder im Entwicklungsprozess, eigene Darstellung [Ott].....	11-116

### 3 Tabellen

Tab. 1 Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Ein Punkt bedeutet, dass ein Einfluss der Maßnahmen (Zeilen, rechts) auf die Ressourceneffizienz in Lebenszyklusphasen (Spalten, oben) gegeben ist .....	6-27
Tab. 2 Ablauf Immobilienmanagement, Dederichs 1999. ....	9-44
Tab. 3 Phasen, Anforderungen und der Einsatz eines Stoffpasses im Gebäudelebenszyklus .....	9-45
Tab. 4 Instrumente für die Vergabe.....	9-48
Tab. 5 Soziale Kategorie "Herkunft der Materialien", DIN EN 16309:2014 .....	9-52
Tab. 6 Übersicht über ESI Teilindikatoren nach Nutzungstyp, Meins 2012 .....	9-55
Tab. 7 Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) 2009: Gewichtung und Bedeutungsfaktoren, BMVBS 2009 .....	9-57
Tab. 8 Kategorisierung des Stofflagers.....	10-62
Tab. 9 Überblick über deutschsprachige Bauteildatenbanken und ihre Inhalte.....	10-68
Tab. 10 Übersicht über die momentan vorhandenen Stoffbasisdatenbanken .....	10-70
Tab. 11 Übersicht über spezifische Datenquellen MIPS, GISBAU, REACH, ecosoft.....	10-72
Tab. 12 Auszug aus einem Vergleich der Umweltdeklarationssysteme und ihrer Kategorisierung, Scherzer et al. 2012 .....	10-72
Tab. 13 Gliederung der Stofftypen nach Planungsschritten und Abfolge der Entscheidungsträger .....	10-73
Tab. 14 Beschreibung des Frameworks in den Schritten, Anwendung auf Gebäude und abgeleiteter Information .....	10-76
Tab. 15 Auszug aus Stoffmassenliste je Bauteil der Fallstudie HOÄ.....	11-89
Tab. 16 Darstellung der wesentlichen stofflichen Kennzahlen der vier Entwurfsalternativen zur Fallstudie 1 .....	11-89
Tab. 17 Massenbilanz der Holzbau Außenwand.....	11-90
Tab. 18 Baustoffe Holzbau Außenwand, Fallstudie 1. ....	11-91
Tab. 19 Konstruktive Bewertung Außenwand Dachaufstockung .....	11-97
Tab. 20 Basisszenarien des KrWG.....	11-100
Tab. 21 Rückbaustoffe Dachabbruch, Grill 2014.....	11-101
Tab. 22 Entsorgungsnachweise der Fallstudie 2 mit Entfernung zum Entsorger .....	11-102

## 4 Zusammenfassung

Bauprozesse sollen so gestaltet werden, dass sie zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. Um dieses Ziel zu unterstützen, müssen die beim Bauen eingesetzten Rohstoffe und Materialien für Bauprodukte und -teile auf ihre umweltlichen, wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen beurteilt werden und die über den gesamten Lebenszyklus, von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling oder der energetischen Verwertung. Derzeit wird in der Planung und Projektentwicklung nur unzureichend die Nutzungsphase, meist nur die Herstellungsphase, dagegen selten die Entsorgungsphase und der Rückbau beziehungsweise die Wiederverwendbarkeit vorhandener Bausubstanz oder ganzer Bauteile berücksichtigt. Auch nach der Rohstoffherkunft wird kaum gefragt.

### **Durchgeführte Untersuchungen, Entwicklungen, Modellanwendungen**

Zielsetzung ist die Entwicklung eines Stoffpasses, der gleichzeitig einfach, aber hinreichend genau und anwendbar ist. Der Stoffpass soll als Grundlage zu Datenerhebung und -verwendung dienen, und verbaute Materialien dokumentieren. Dazu sollen Informationsstrukturen erkannt werden, die der Ressourceneffizienz und nachhaltigen Entwicklung dienlich sind. Diese werden durch das Forschungsvorhaben identifiziert.

Darüber hinaus wird ein Stoffbuchhaltungsverfahren von Gebäuden entwickelt. Diese Methodenentwicklung beschreibt die Informations- und Datenbeschaffung und liefert so die Grundlage zur Erstellung einer Datenbank. Dafür wird ein theoretisches Modell entwickelt. Ursachen und Rückkopplungen des stofflichen Systems in Abhängigkeit von den baukonstruktiven Gegebenheiten werden beschrieben.

### **Erzielte Ergebnisse**

- Bedingungen der Immobilienentwicklung; Nachhaltigkeit im Rahmen der Immobilienentwicklung; Untersuchungsergebnisse zu stofflichen Aspekte und Ressourceneffizienz in Immobilienprojekten; Identifizierung der umweltrelevanten Prozesse und Schnittstellen in Entwicklung.
- Untersuchung der konstruktive Bedingungen für die Stoffeinsparung und Ressourceneffizienz; Rahmenwerk zur Stofffassung; Entwicklung eines Prototypen zur Stoffdokumentation und -bewertung auf Basis einer Tabellenkalkulation.
- Anhand von Fallstudien werden die Kennwerte und Erkenntnisse abgeprüft. Ein Rückschluss auf die Anwendung des Stoffpasses in der Praxis der Bauprozesse wird gezogen.

### **Empfehlungen für das weitere Vorgehen**

- Deponiekapazitäten sind absehbar, die Dokumentation und Umgang mit dem steigenden Preis von Abbruch- und Entsorgungsarbeiten ist ein unmittelbares Problem für die Immobilienentwicklung
- Materialtrennbarkeit von Verbundkonstruktionen und deren Entsorgung sowie Möglichkeiten einer Kaskadennutzung sind nicht ausreichend wissenschaftlich erforscht.
- Zunehmende Integration von Bauteilen und die bewusste Ausbildung von Multifunktionalität muss genauer untersucht werden.
- Aufbereitung der Implementierung von Information in Bauprozessmedien (Bauteilkataloge); einerseits für die Anforderungen an Prozessdokumente und andererseits für das Controlling.
- Basierend auf den Aussagen zur Bauteiltrennbarkeit kann die Verbesserung bzw. Produkt(weiter)-entwicklung von Konstruktionen vorgenommen werden.

**Kooperationspartner ist die Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG, München. Das Vorhaben wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Förderkennzeichen AZ 31077.**

**Abstract**

Construction processes ought to be organized that they contribute to a sustainable development.

In order to support this objective resources and materials used for construction products or components have to be arbitrated according to their environmental, economic and social impact. This is necessary throughout the entire life cycle, from raw material extraction to the recycling or the thermal use.

At the moment planners and real estate developers only partly consider the use phase, most of the time the production phase, hence seldom the disposal phase and the dismantling respectively the reuse of already existing structures or entire components is considered. Additionally the origin of raw material is not asked for.

Objective is the development of a resource inventory of structures which is at the same time simple to understand but sufficient precise and applicable in everyday practice. The resource inventory should serve as basis for data collection and use and document used materials. Therefore information structures are recognized, which are useful to resource efficiency and sustainable development, these are identified during the research project.

Furthermore a material inventory and material accounting method of buildings is developed.

This method development describes the information and data acquisition and supplies the foundation for the preparation of a database. For that a theoretical model is developed.

Principles and reaction of systems and the construction materials they are made of are described in dependency of structural design situations. Three case studies are evaluated to examine defined parameters and to verify insight. A conclusion on the application of the material inventory in practice is given.

## 5 Abkürzungen

Anm. d. V.	Anmerkung des Verfassers
BG-Bau	Berufsgenossenschaft Bau
BHG	Bayerischer Hausbau GmbH & Co. KG
BIM	Building Information Model
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CEEC	European Committee for Construction Economics
CSR	Corporate Social Responsibility (dt. Soziale Verantwortung des Unternehmens)
Dtld.	Deutschland
dt.	deutsch
engl.	Englisch
EPD	Environmental Product Declaration (dt. Umweltproduktdeklaration)
GEMIS	
GISBAU	Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU
HFM	Holzforschung München
IBU	Institut Bauen und Umwelt, Berlin
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz (Abfallgesetz)
LV	Leistungsverzeichnis
MIPS	Material Input pro Serviceeinheit
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Europäische Chemikalienverordnung)
SCP	Sustainable Consumption and Production (dt. Nachhaltiger Konsum und Herstellung)
UNEP	United Nations Environment Programme
VOB	Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen
WECOBIS	webbasiertes ökologisches Baustoffinformationssystem
WINGIS	Online Variante des Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU



## 6 Ausgangslage

### 6.1 Hintergrund

Wesentliche Chance zur Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen ist ein Umdenken und die bewusste Entscheidung für nachhaltige Angebote auf Seiten der Verbraucher. Der Bewusstseinswandel wird wesentlich erschwert durch mangelnde Information über die Konsequenzen aus Entscheidungen, so ist es auch bei der stofflichen Seite von Gebäuden. Investoren erwerben ein Produkt Gebäude auf Basis sehr weniger Informationen wie Preis, Funktion, Größe und manchmal auch energetischer Verbrauchsdaten. Soziale oder ökologische Aspekte werden aber kaum kommuniziert oder nachgefragt. Es gibt mittlerweile das Instrument der Nachhaltigkeitszertifizierung von Bauwerken, das diese Informationslücken zu schließen versucht. Dennoch findet in den Bewertungskriterien im ökologischen Bereich eine einseitige Fokussierung auf die Umweltwirkungen statt. Die Implementierung des Verursacherprinzips und informiertes Entscheiden zugunsten der langfristig tragfähigen Option kann aber nur gelingen, wenn das Ursache-Wirkungsprinzip aus den vorliegenden Informationen ablesbar ist.

Ziele von sustainable construction oder sustainable buildings werden wie folgt beschrieben (Schwarz 2013):

**Soziale Dimension:** Die Schadstoffminimierung und Umweltverträglichkeit von Immobilien stehen in Fokus dieser Aspekte. Dabei wird auf die Umweltfreundlichkeit und die Wiederverwertung der zum Einsatz kommenden Materialien und Produkte geachtet. Wichtig sind die Vermeidung von Abfall und die Minimierung des Medienverbrauchs, u. a. die Zusammensetzung des Gesamtenergiebedarfes, um die Steigerung des regenerativen Anteils und die Reduzierung des nichtregenerativen Teils der Primärenergie zu erreichen. Messbare Elemente wie Energie- und Stoffflüsse sowie deren ökologischen Auswirkungen (Schadstoffemissionen) werden als Gradmesser zugrunde gelegt, damit deren Verbrauch und deren Umweltbelastung verringert werden. Die ökologische Bewertung und Optimierung von Immobilien erfolgt v.a. über Öko- und Energiebilanzierung.

**Umweltrelevante Dimension:** Gibt Auskunft über die Bauwerksattraktivität für die Nutzer und der Umweltverträglichkeit der Immobilie. Maßgebend sind die Bedürfnisse und Ansprüche des späteren Nutzers, wie z. B. Behaglichkeit, Nutzerfreundlichkeit, Gesundheit (Emissionen sowie thermischer, akustischer und visueller Komfort), Funktionalität und Flächeneffizienz. Die soziokulturellen Aspekte beschreiben die subjektive Attraktivität der gesamten Immobilie, wodurch Wertestabilität und langfristige Marktfähigkeit gesichert werden.

**Wirtschaftliche Dimension:** Im Mittelpunkt steht die Minimierung der Lebenszykluskosten der Immobilien unter Berücksichtigung der eingesetzten Materialien und der Nutzung. Die Lebenszykluskosten umfassen die Herstellung, die Nutzung und den Betrieb, die Instandsetzung, die Modernisierung und den Abbruch. Ziel der Lebenszyklusbetrachtung ist es, in der Planungsphase eine wirtschaftlich optimierte Planungsvariante zu finden, um im weiteren Lebenszyklus die Kosten zu minimieren und die Erträge zu optimieren. Ein weiterer Aspekt der Ökonomie ist die Wertstabilität, die u.a. ein Gradmesser für die notwendige Nutzungsflexibilität ist.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen hat in seinem "Leitfaden Nachhaltiges Bauen" Antworten auf diese Fragen gegeben. Nur eine ganzheitliche Betrachtung des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus - das heißt von der Beschaffung der Baustoffe bis hin zur Wiederverwertung des Abbruchs - ermöglicht demnach die Beachtung des Prinzips Nachhaltigkeit. Zusammengefasst verlangt nachhaltiges Bauen, dass die Aspekte Ökonomie, Ökologie und Soziales in allen Lebensphasen eines Gebäudes ausgewogen berücksichtigt werden. Grundlagen zur Vermeidung schädlicher Wirkungen werden bereits in der Planung gelegt. Unter anderem sind dies:

- Bedarfshinterfragung,
- Schonung von Naturräumen durch flächensparendes Bauen,
- Verbrauchsminimierung bzgl. Energie und Betriebsmitteln,
- Lange Nutzung von Gebäudeteilen und Gesamtgebäude,
- Einsatz wiederverwendbarer, recyclingfähiger und wiederverwendeter Bauprodukte,
- Kurze Transportwege bei Bau und Betrieb,
- Gute Rückbaufähigkeit.

Der operative Teil der Nachhaltigkeitszertifizierung und -bewertung von Wohnbauten fokussiert hauptsächlich auf die Leistungsdaten der Energieeffizienz und Nutzerbehaglichkeit. Das Ziel des Forschungsprojekts „Stoffpass“ ist es die Grundlagen zur Entwicklung eines Instruments zur Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Immobilienwirtschaft mit Prozess-, Steuerungs- und Dokumentationsschnittstellen im Entwicklungs-, Planungs- und Umsetzungsablauf zu schaffen. Hier kann ein Stoffpass ansetzen, der gezielt für die stoffliche Inputseite objektive Informationen bereitstellen wird.

*„Nachhaltig Bauen bedeutet, Verantwortung zu übernehmen - für die Umwelt, die Gesellschaft und für den einzelnen Menschen.“ (Institut für Bauen und Umwelt e.V. (IBU) 2014b, S. 3).*

## **6.2 Stand der Technik für Ansatz- und Einsatzpunkte eines Stoffpasses im Bauprozess**

### **6.2.1 Ressourcenverbrauch und Defizite stofflicher Gebäudeinformation**

#### **Hintergrund**

Der Gebäudesektor und das Bauwesen verursachen ein enormes Aufkommen an Bauprodukten, Logistik und Transport, Verpackung und Abfallwirtschaftsleistung. Neben anderen Aspekten trägt der Sektor damit zu einem wesentlichen Teil zu Konsum- und Produktionsmustern bei, die die Schlüsselindikatoren der Umwelt Material-, Energie-, Wasser-, Landverbrauch und Kohlenstofffreisetzung beeinflussen (frei nach UNEP), vergleiche dazu (Antik et al. 2012).

*„Zementproduktion in den USA zwischen 1910 und 2012, in Milliarden Tonnen . . . . . 5,2  
Zementproduktion in China zwischen 2010 und 2012, in Milliarden Tonnen . . . . . 6,2“  
aus brand eins: (Kraft 2014).*

Die vorgenannten Zahlen sollen verdeutlichen mit welcher Geschwindigkeit der aktuelle Ressourcenverbrauch zunimmt, wenn Volkswirtschaften mit großem wirtschaftlichem und infrastrukturellem

Nachholbedarf den Verbrauchsmustern der führenden Industrienationen folgen. Die daraus erwachsenden Schäden durch Verbrauch und Begrenztheit bestimmter Ressourcen sind für Klima und Umwelt immens.

Die Lebensendbetrachtung beziehungsweise ein Produktlebensende ist kein Modell einer fernen Zukunft – vielmehr passiert es jeden Tag und jede Stunde. So werden im Bundesgebiet im Schnitt täglich 91 Gebäude abgebrochen, demgegenüber steht ein Zuwachs von durchschnittlich 510 Gebäuden pro Tag, vergleiche (DESTATIS 2014).

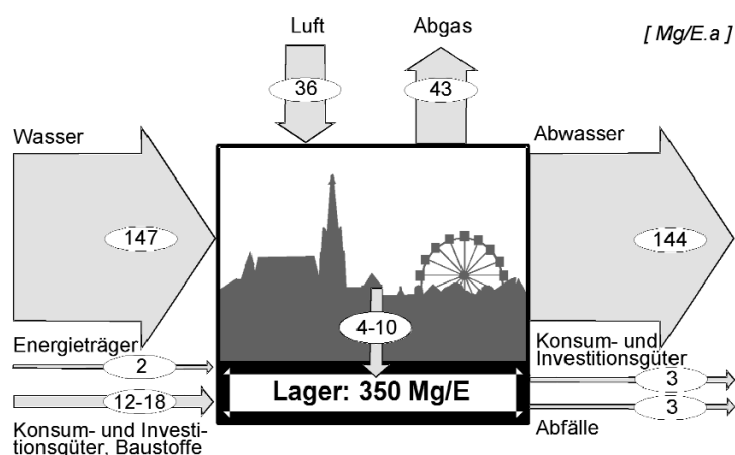


Abb. 1 Baubestand der Stadt Wien als Ressourcenlager, Obernosterer 2000

Der Verlust von Stoffen – Dissipation in Umwelt oder schlichte Entsorgung (Deponierung) und damit Entzug aus dem technischen Kreislauf wird seit vielen Jahren diskutiert, siehe dazu Abb. 1 und vergleiche (Obernosterer 2000). So hat Obernosterer ebd. ein Konzept eines Niedrigstoffhauses vorgestellt und dazu mehrere Thesen formuliert, die wie folgt lauten:

- Schadstoffe gelangen von Siedlungsgebieten in Umwelt (Strategie: lokale Senken vermeiden),
- Verwertung kann Schadstoffe kaum trennen (Strategie: Vermeidung von Schadstoffen in Baustoffen),
- Konstruktion und Materialien müssen recyclinggerecht aufbereitet sein,
- Erschließung des Rohstoffpotentials im Bestand und Erleichterung in Zukunft,
- Durchführung einer Stoffbuchhaltung (Dokumentation).

Darüber hinaus führt Obernosterer ebd. auch noch weitere Themen an, die für den Ressourcenschutz von immer noch aktuell und von Bedeutung sind:

- Ressourcennutzung (als Lebenszyklus betrachtet: Herstellung, Betrieb, Erneuerung, Rückbau),
- Standortbewertung (Flächenbeanspruchung usw.),
- Umweltneutrale Gebäudehülle (aufgreifen der Senkenthematik durch Immissionen aus den verwendeten Materialien).

## **Problem**

Die Ressourcenproblematik und die Dringlichkeit dieses Themas werden in vielen top-down Studien erörtert. Als Ausgangspunkt für die Untersuchungen zur Ressourcenschonung auf der Gebäude-, Bauteil- und Konstruktionsebene dienen bereits bestehende Forschungsarbeiten zur Thematik der Rohstoff- und Ressourceneffizienz (Unter anderem des Wuppertalinstituts zum Thema „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“), vergleiche (MaRess 2012). Es können in diesem Zusammenhang verschiedene Akteure identifiziert werden, darunter Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Konsumenten, die unterschiedliche Möglichkeiten haben, um zu einer gesteigerten Ressourceneffizienz beitragen zu können. Auf den Zusammenhang der Akteure und ihre Handlungsmöglichkeiten wird eingegangen. Damit sind aber nur die globalen Probleme und Ziele erfasst. Konkrete Lösungsansätze müssen jedoch spezifisch an die Anforderungen und Produkte der Industrien und dem verarbeitenden Gewerbe angeglichen werden.

Das Bauwesen steht, neben anderen Industrien, deshalb im Fokus der Ressourcendiskussion, da es zu einem der größten Rohstoffverbraucher dieser Welt gehört und somit starke Umweltwirkungen auslöst. Folglich ist es notwendig Wege aufzuzeigen, wie der Bausektor auf diese Problematik reagieren könnte und wie gezielte Schritte zur Ressourcenschonung angepasst sein müssten, damit sie die politisch geforderten Ressourceneinsparungen um den Faktor 4 bis 10 und einhergehende Umweltlastungen bringen, vergleiche (EC 2011). Außerdem muss eingehender untersucht werden, welche Einflussmöglichkeiten die Praktiker im Bauwesen, Architekten, Immobilienentwickler und Bauunternehmen haben, um der Ressourcenproblematik auf innovative Art und Weise zu begegnen. Es ist im Bestreben des Forschungsprojekts anhand von Beispiele aus der Projektentwicklung den Bezug zu Realität herzustellen. Nur in der unmittelbaren Diskussion des fortschreitenden Planungsprozess können daraus anwendungsorientierte Lösungsansätze entwickelt werden. Werden in Zukunft vermehrt Projektentwicklungen unter dem Paradigma „Ressourceneffizienz“ umgesetzt, könnte eine substantielle Menge an primären Rohstoffen im Bauwesen eingespart werden.

Neben den hohen Anforderungen an die Verringerung des Energieverbrauchs in der Betriebsphase von Gebäuden tritt die Lebensdauer, Herstellungs- und Lebensendphase von Gebäuden verstärkt in den Fokus der Aufmerksamkeit und der Debatte über Lebenszyklusbetrachtungen. In diesen letztgenannten Phasen kann vor allem über die Menge, Art, die Herkunft und die Wertschöpfungskette der verwendeten Stoffe, insbesondere nachwachsender Rohstoffe, ein wesentlicher Beitrag zur Ressourceneffizienz geleistet werden. Zugleich wird die Ressourceneffizienz durch Weiter- und Wiedernutzung von Stoffen aus den Stofflagern unserer gebauten Umwelt entscheidend beeinflusst. Dies gilt für alle Ressourcen, die wiederverwendbar oder recyclingfähig sind.

Ziel der ressourcenbezogenen Analyse von Gebäuden, Bauteilen und ihren darin enthaltenen Baustoffen ist eine tiefere Typisierung der Stoffe und ihrer Quantitäten aber auch der Qualitäten. Dieser effektivere Umgang mit Ressourcen in Gebäuden muss angegangen werden, denn es besteht noch wenig Erfahrung, ein hohes Potential und viel Optimierungsbedarf hinsichtlich der Umsetzungsstrategien, Prozesse und Methoden zur Verringerung und Verlagerung des Ressourcenverbrauchs sowie geeigneter Immobilienentwicklungs- und Gebäudeerrichtungs- und Nutzungskonzepten, Konstruktionsweisen und Baustoffe.

Nach Erfassung der Gesamtmengen je Kategorisierung nach Bauteilen und in Verbindung mit einer Stoffidentifikation und –quantifizierung ergibt sich daraus die Möglichkeit zur Verknüpfung mit den (globalen, sektoralen, regionalen) Stoffströmen von der Rohstoffbereitstellung (-gewinnung) bis zur Abfallentsorgung. Damit wird es möglich den globalen, "ökologische Rucksack" eines einzelnen Stoffs zu erfassen, der sich aus der Rohstoffbereitstellung und der damit verbundenen Landverbrauch /-nutzung sowie der Verarbeitung und Verteilung zusammensetzt. Die Erkenntnisse aus der ressourcenbezogenen Analyse von Gebäuden dienen der Entwicklung von Konzepten, Strategien und Instrumenten zur Erhöhung der Ressourceneffizienz und eines nachhaltigen Ressourcenmanagements im Bausektor, vergleiche (Rechberger & Markova 2009, Schebek et al. 2014, NMUK 2011). Dies muss mit der Stofflagerthematik in unserer gebauten Umwelt verknüpft werden, denn dort lagern Ressourcen, die im Falle des Rückbaus zur Verfügung stehen und genutzt werden müssen, vergleiche (Ortlepp & Schiller 2014) in nachfolgender Abb.2.

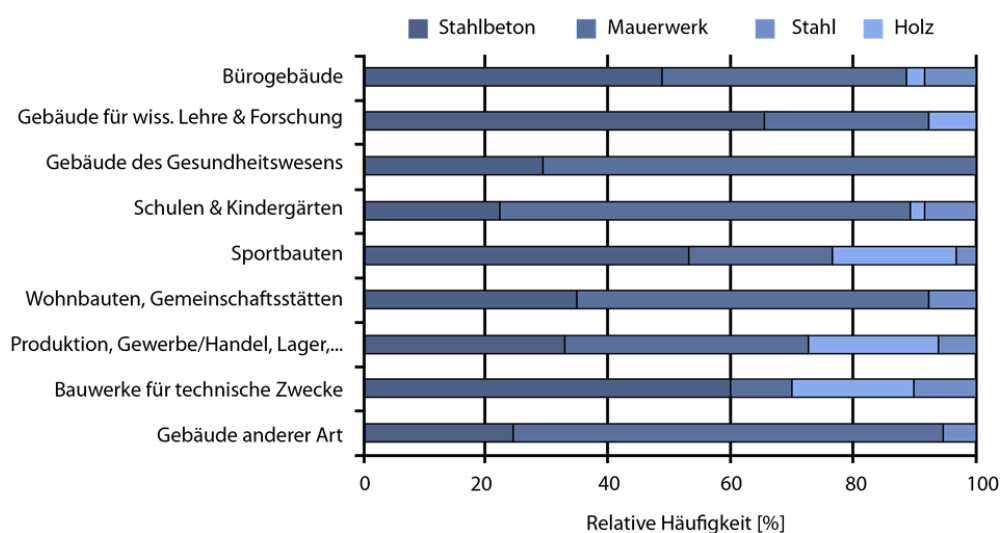


Abb. 2 Baubestand in Deutschland nach Gebäudeklassen und Hauptbauprodukten der Konstruktion, Ortlepp 2014

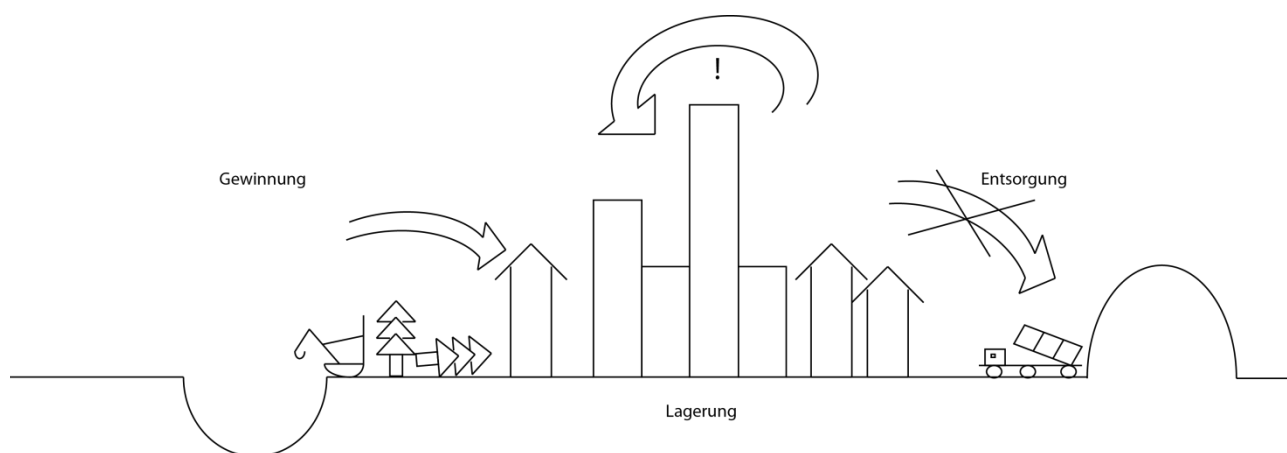


Abb. 3 Ansatzpunkt für den Stoffpass durch Lager als Quelle. Beitrag zur Vermeidung von Dissipation durch Deponierung bzw. Entzug aus dem technischen Stoffkreislauf

Anhand eines generischen Bauprojekts, seiner Baustelle (-naktivität) und stofflichen Zusammensetzung werden vor- und nachgelagerte Abhängigkeiten in Bezug auf den Ressourcenverbrauch im Zusammenhang dargestellt, so dass die verschiedenen Akteursgruppen Einblick in ihre Position und Rolle gewinnen und Auswirkungen ihrer Entscheidungen auf das gesamte System betrachten können. Dabei werden die stofflichen Aspekte (Menge, Qualität, Verbindung) vor dem Hintergrund der verwendeten Bauprodukte, -komponenten und -teile (mit ihren Anforderungen) eingehender betrachtet, um generelle Dematerialisierungsstrategien genauer kennenzulernen und ihre Auswirkungen sowohl auf die Fraktionen eines Bauwerks als auch die daraus resultierende Umweltlasten zu erfassen. Die hier zu nennenden Risikofaktoren für die Umwelt sind:

- Beeinflussung der Herstellungsqualität eines Bauwerks oder von Teilen davon, bezogen auf die Lebensdauer, stoffliche Eigenschaften und Rückbaufähigkeit,
- Umweltlasten / -schäden entstehen durch Gewinnung und Herstellung von Rohstoffen und Baumaterialien auch wenn die Rohstoffe selbst möglicherweise gar nicht umwelt- oder gesundheitsschädlich sind. Durch die Weiterverarbeitung und den Einbau werden zusätzliche Hilfsstoffe hinzugefügt sowie die Ausgangsmaterialien zu komplexen Bauteilen oder Konstruktionen verbunden.

### **Herstellungsqualität**

Die Qualität bei der Herstellung von Gebäuden und Bauteilen beschreibt die Anforderungen an Funktionalität und technischen Eigenschaften (Widerstand gegen Einwirkungen).

Die vorgenannten Anforderungen werden nach einer Erstnutzung nicht unbedingt schlechter. Somit spricht auf den ersten Blick nichts gegen eine Wiederverwendung. Demgegenüber steht eine mögliche Änderung der Verbindungen von Bauteilen (hier definiert als Schnittstellen: aus konstruktiver Sichtweise die Verbindungen mit denen Bauteile angeschlossen werden oder aber die Schnittstellen per se des Zwecks / Funktion eines Bauteils auch gegenüber Einwirkungen, die mechanischer, physikalischer, chemischer, menschlicher Natur sein können), der Mode der Erscheinung, usw.

Sollten sich Anforderungen erhöht haben, bspw. aus bauphysikalischen Gründen oder Funktionen und zweckgebundene Eigenschaften der Bauteile degradiert sein, müsste über eine Verwertung in geänderter Form weitergedacht werden. Rückbau muss die spezifischen Eigenschaften berücksichtigen und die vorhergehenden Veredelungsschritte in Überlegungen zur Wiederverwertung einbeziehen, da in Deutschland die Deponiekapazitäten begrenzt sind, weil der Deponieausbau nicht weitergeht bzw. auch keine neuen Deponien mehr genehmigt werden. Vergleicht man dazu die Diskussionen um die Entwicklung eines Systems für die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden in Deutschland oder auch bereits ältere Überlegungen wie bei (Schütze & Willkomm 2002), so sind die Defizite stofflicher Gebäudeinformation:

- Information (ganzheitlich),
- Bewertung (der Information),
- (informierte) Entscheidung,
- Optimierung (nach bestimmten Zielen),
- Kontrolle,
- Kommunikation.

Der Verein Deutscher Ingenieure VDI hat als Schwerpunkt den nicht-regulatorischen Bereich technischer Regelungen und Richtlinien. VDI Richtlinien gelten als die Sprache der Technik mit dem Ziel der

Verständigung und Marktdurchdringung. Folgender Auszug stammt aus dem Entwurf der VDI Richtlinie zur Ressourceneffizienz:

„Die Anwendung dieser VDI Richtlinie ermöglicht es, den effizienten und schonenden Einsatz natürlicher Ressourcen als Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung für Unternehmen greifbarer und messbarer zu machen. Die Richtlinie zeigt auf, wie es möglich ist, profitabel und enkeltauglich zu wirtschaften und zugleich strategische Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Dabei wird auch auf wichtige Eckpfeiler von Ressourceneffizienz eingegangen, auf die Realisierung transparenter Wertschöpfungsnetze und optimierter Prozesse und Produkte. Im Sinne des klassischen Umweltmanagements lässt sich die Ressourceneffizienz bei einzelnen Prozessen und den Stoffströmen im Unternehmen steigern. Weit größere Potenziale erlaubt hingegen eine umfassende unternehmensstrategische Betrachtung der Produkte über ihren gesamten Lebensweg. (...) Letztendlich sollen mittels Ressourceneffizienz auch zukunftsfähige Innovationen und attraktive Geschäftsmodelle gefördert werden. (...) Der unternehmerische Nutzen der Richtlinie stellt sich vor allem darin dar, innovative Lösungen und Kosteneinsparungen aufgezeigt zu bekommen.“ (E VDI 4800-1:2014, S. 2)

Im Detail heißt das:

- *Erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe* sind stoffliche natürliche Ressourcen im Naturzustand, die aus ihrer natürlichen Quelle entnommen werden, um in der Ökonomie genutzt zu werden. Dies sind mineralische Rohstoffe (Erze, Industriemineralien, Steine, Erden), fossil organische Rohstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle), Biomasse. (E VDI 4800-1:2014, S. 8).
- *Sekundärrohstoff* bezeichnet einen Abfall oder Rückstand, aus dem Rohmaterial gewonnen wird oder werden kann. (...) Die Qualität der Sekundärrohstoffe hängt entscheidend von der Qualität (z.B. Schadstoffbelastung, werkstofflicher Zustand) des zu Abfall gewordenen Produkts oder Produktionsrückstands und der Art und Weise der abfallwirtschaftlichen Prozesse ab. (E VDI 4800-1:2014, S. 8).
- *Ökosystemleistungen* (inklusive Senkenfunktion), neben den stofflichen, energetischen und räumlichen Ressourcen, die direkt genutzt werden, sind den natürlichen Ressourcen alle Leistungen hinzuzurechnen, die die Natur indirekt in sehr viel umfassenderer Weise für den Menschen erbringt, hierzu zählen beispielsweise die Senkenfunktion (Aufnahmefunktion der Natur für Emissionen und Abfälle). Aufrechterhaltung der ökologisch-biogeochemischer Systeme, globaler Stoffkreisläufe C, N, P, Strahlungshaushalts, Schutz vor Ozonzerstörung in der Stratosphäre, Regenerationsfähigkeit von Fischbeständen, wasserspeichernde und hochwasserregulierende Funktion, Bestäubung (E VDI 4800-1:2014, S. 9)

Im Kontext der Diskussion um die VDI Richtlinie Ressourceneffizienz VDI 4800 Blatt 1 – Gründruck und Entwurf kann man folgende Statements zusammenfassen:

- Ressourceneffizienz ist derzeit Teil der akademischen Diskussion. Momentan ist Energieeffizienz als Diskussionspunkt der Treiber.
- Ressourceneffizienz adressiert Entscheider der Wirtschaft. Das Problem der Ressourceneffizienz ist, die Intention der Inhalte divergiert zur Intention der Adressaten.
- Entscheidend ist die Zielsetzung, welche Ressourcen adressiert werden sollen. Wenn ein Unternehmen adressiert wird, müssen Motive antizipiert werden.

- Die „Vermeidung des Verschwendens“ steht als positiver Begriff zu Beginn des Themas Ressourceneffizienz und der Entwicklung von Handlungsoptionen für die betriebliche Praxis. Es wird abgewogen, welcher Ressourcenaufwand im Verhältnis zum Nutzen eines Prozesses steht.
- Die holistische Sicht des Begriffs steht im Bereich Innovation. Als begrenzender Faktor steht der Rohstoffbedarf, nicht der Energiebedarf. Dies sind Fragen von Technosphäre, Gesellschaft, input-output. Für den Überblick ist eine input-orientierung angemessen.

Dazu unterstützen folgende Fragen:

- Was geht ins System ein?
- Wie kann es im Kreislauf geführt werden?
- Definition von Zielen

Definition Ressourceneffizienz:

Ressourceneffizienz ist definiert durch den Nutzen eines bestimmten Produkts dividiert durch den Aufwand an natürlichen Ressourcen für seine Erzeugung. (Effizienz = Nutzen / Aufwand)  
 Ressourceneffizienz = Nutzen (Produkt, Funktion, funktionale Einheit) / Aufwand (Einsatz natürlicher Ressourcen)

(E VDI 4800-1:2014, S. 7)

Anwendungsbereich:

„Eine Bewertung der Ressourceneffizienz von Produkten und Dienstleistungen kann nur erfolgen, wenn der Einsatz aller natürlichen Ressourcen quantifiziert und in einen Zusammenhang gestellt wird. Die Quantifizierung erfolgt über einen Satz von Indikatoren, die einzeln jeweils stellvertretend für eine Ressourcengruppe stehen und als Bausteine zusammengefügt einen Bewertungsgrundlage für den Einsatz natürlicher Ressourcen bilden. Die Richtlinie definiert Begriffe der Ressourceneffizienz, beschreibt die Ressourcengruppen, gibt allgemeine Berechnungsgrundsätze und -Vorschriften sowie Empfehlungen für die Vorgehensweise von Ressourceneffizienzanalysen und -Bewertungen. Eine ausführliche Charakterisierung der einzelnen Ressourcengruppen und Ihrer Indikatoren sowie deren Berechnung erfolgt in weiteren Richtlinien zur Ressourceneffizienz.“ (E VDI 4800-1:2014)

Letztlich sind die methodischen Grundsätze der Ökobilanz nach ISO 14044 die Grundlage für jedwede Bewertung der Umweltleistung; die als allgemeine Grundsätze auch die gesamte Normenwelt des CEN TC 350 prägen. Sie sind am Lebensweggedanken von Produkten festgemacht und werden in den Phasen: Produktion, Nutzungsphase und Entsorgung unterteilt. Ressourcen werden im gesamten Lebensweg in Anspruch genommen. Die Ressourcennutzung erfolgt von der Rohstoffgewinnung, Herstellung (Rohmaterialherstellung, Produktherstellung), über die Nutzung (inklusive Wiederverwendung) bis hin zur Entsorgung (Verwertung, Beseitigung). Die Bilanzierung erstreckt sich dabei von der Entnahme des Rohstoffes aus der Umwelt (Quellfunktion, z.B. Lagerstätte oder Lebensraum) bis hin zur Abgabe der eingesetzten oder umgewandelten Stoffe an die Umwelt (Senkenfunktion) in Form von Abfall. und Materialdeposition, Emissionen und dissipativen Verlusten. Nur ein Teil der aus der Umwelt entnommenen Materialien kann im Zuge der Rohmaterialherstellung zu Rohmaterial aufbereitet werden und im Produktsystem verbleiben. Dieser Teil wird verwertete Entnahme genannt. Der übrige, nicht verwertete Teil



wird direkt wieder an die Umwelt abgegeben. Sekundärrohstoffe, die z.B. bei der Produktherstellung und -Verwertung entstehen, können natürliche Ressourcen in Form von Primärrohstoffen substituieren, sodass weniger natürliche Ressourcen genutzt und verbraucht werden. (E VDI 4800-1:2014, S. 10). Um Sekundärrohstoffe nutzen zu können, ist es entscheidend, dass Abfälle möglichst umfassend erfasst, getrennt, gesammelt, sortiert und qualitativ hochwertig aufbereitet werden. Diesem Anspruch an Ressourceneffizienz soll auch in der Bauherren- und Planungsentscheidung nachgekommen werden.



Abb. 4 Konzeption der VDI Richtlinie Ressourceneffizienz, nach E VDI 4800-1:2014

Recyclinggerechte Produktgestaltung meint die Anpassung der Produktgestalt an potenzielle Recyclingverfahren (Siehe VDI 2243, VDI 2234). Dies kann eine vereinfachte Schadstoffentfrachtung, Verbesserung der Demontagegerechtheit, Vermeidung von Klebeverbindungen, Unterstützen von Materialrecycling durch geringe Materialvielfalt, Ermöglichen der Wiederverwendung von Komponenten. (E VDI 4800-1:2014, S. 24)

Bilanzierung von Ressourceneffizienz in Produktsystemen und Organisationen: Voraussetzung für eine ganzheitliche Optimierung von Produkten und Prozessen im Lebensweg ist eine methodische Produkt- und Prozessentwicklung. Tabelle 1 zeigt die Verknüpfung der Prozesskette "Produktentwicklung" mit der Prozesskette "Lebensweg" als wesentliche Grundlage der Entwicklung ressourceneffizienter Produktsysteme. Im Produktentwicklungsprozess werden Funktion, Wirkprinzip, Gestalt und Werkstoff festgelegt. Es werden Entscheidungen über technische, wirtschaftliche und ökologische Produkteigenschaften und folglich über Fertigungsverfahren oder Recyclingprozesse getroffen. Dabei werden etwa 85% der Herstellkosten festgelegt. Dies ist prinzipiell auf den Ressourceneinsatz übertragbar. Umfassende Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz müssen daher bereits in der Produktentwicklung ansetzen. Festlegungen von Produkteigenschaften und Prozessen sowie ihren Ressourceneinsatz erfolgen in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses. Dabei ist die Einflussnahme in den frühen Phasen "Klären der Aufgabe" und "Konzipieren" prinzipiell größer als in den

späten Phasen "Entwerfen/Ausarbeiten". Beispielsweise definiert die Wahl des Werkstoffs Prozesse der Rohmaterialherstellung oder die Festlegung der Geometrie und Oberfläche bestimmte Fertigungsverfahren im Zuge des Entwerfens. Das Festlegen eines Wirkprinzips oder physikalischen Effekts beim Konzipieren beeinflusst z.B. die Ressourceneffizienz in der Nutzungsphase. Es ist zu beachten, dass der Einfluss der Produktentwicklung innerhalb der einzelnen Lebensphasen unterschiedlich groß ist. Während Herstellungsprozesse im direkten Einflussbereich des Unternehmens stehen, unterliegen Nutzungs- oder Entsorgungsprozesse einem geringeren Einfluss. Dieser ist in der zunehmenden Zeitspanne zwischen Produktentwicklung und Prozessausführung, aber auch im Einfluss des Nutzerverhaltens begründet. (E VDI 4800-1:2014, S. 18)

Der Ressourceneinsatz kann prinzipiell durch die Strategien Effizienz, Suffizienz oder Konsistenz reduziert werden. (...) An der Umsetzung der Strategien und Maßnahmen sind unterschiedliche Akteure im Betrieb beteiligt (Produktentwicklung, Fabrikplanung, Arbeitsvorbereitung, Beschaffung, Produktion, Vertrieb). (E VDI 4800-1:2014, S. 19)

Strategien und Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz können die folgenden in Tab. 1 aufgeführten sein. Die Wirkung der Strategien auf die Stoffauswahl, die eingesetzten Hilfsstoffe, Fügung und Verbindung, Rückbau und Entsorgung sind entsprechend markiert.

Tab. 1 Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Ein Punkt bedeutet, dass ein Einfluss der Maßnahmen (Zeilen, rechts) auf die Ressourceneffizienz in Lebenszyklusphasen (Spalten, oben) gegeben ist

Stoffauswahl (Knappheit)	Hilfsstoffe (Verbindung)	Fügung und Verbindung	Rückbau	Entsorgung	
<b>Mit überwiegendem Bezug zum Produkt</b>					
■	□	○	▲	◇	Werkstoffauswahl / Materialsubstitution
(■)	□	○		◇	Leichtbauweise
(■)	□	○		◇	Beanspruchungsgerechtigkeit/Sicherheitsreserven
■	□	○	▲	◇	Miniaturisierung
■	□	○	▲	◇	Fertigungsgerechte Produktgestaltung
■	□	○	▲	◇	Nutzungsgerechte Produktgestaltung
■	□	○	▲	◇	Verlängerung der technischen Produktlebensdauer
■	□	○	▲	◇	Verlängerung der Produktnutzungsdauer
■	□	○		◇	Produkt-Service System (Dematerialisierung)
■	□	○	▲	◇	Kaskadennutzung von Produkten
■	□	○	▲	◇	Reparierbarkeit
■	□	○	▲	◇	Recyclinggerechte Produktgestaltung
					Bedienungsanleitung mit Hinweisen zum Nutzerverhalten
■	□				Ressourceneffiziente Gestaltung der Verpackung
<b>Mit überwiegendem Bezug zur Herstellung (Produktion)</b>					
■	□	○	▲	◇	Fertigungsprozessauswahl und Fertigungsprozessoptimierung
■	□	○	▲		Dimensionierung der Fertigungsmittel
■	□	○	▲		Minimierung des Bearbeitungsvolumens
■	□	○		◇	Materialsubstitution von Hilfs- und Betriebsstoffen
■	□	○	▲	◇	Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung
■	□	○	▲	◇	Vermindern von geplantem Verlust und Ausschuss
					Effiziente Gebäudeinfrastruktur und Gebäudehülle
	□	○		◇	Vermeiden von Verlust durch Nacharbeit (z.B. unzureichende Fertigungsunterlagen, unsichere Fertigungsprozesse, unsachgemäße Handhabung von Materialien, Komponenten und Produkten bei Fertigung, Montage, Lagerung/ Überlagerung oder Transport)
	□	○		◇	Vermeidung von Verlust durch Entsorgung fertiger Produkte oder eingekaufter Materialien
■			▲	◇	Vermindern des Energieverbrauchs, effiziente Energiebereitstellung, Nutzung von Prozess- und Abwärme
	□			◇	Effiziente Reinigung, effizienter Transport
■	□	○		◇	Fertigungsprozessbezogene Kreislaufführung (inner- und überbetrieblich)
■	□	○	▲	◇	Kaskadennutzung von Hilfs- und Betriebsstoffen
■	□	○	▲	◇	Eindeutige und vollständige Produktdokumentation
					Detaillierte Arbeitsanleitung und Schichtübergabe, Mitarbeiterpotential

## **6.2.2 Abgrenzung zu Instrumenten der Nachhaltigkeits- und stofflichen Gebäudebewertung**

Aktuell befasst sich der operative Teil der Nachhaltigkeitszertifizierung und –bewertung von Wohnbauten hauptsächlich mit Energieeffizienz und Behaglichkeit. Hier fehlt für material- und baukonstruktive Fragen die Verknüpfung mit den umfassenden Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung, die entlang der Wertschöpfungskette gesehen werden sollte. Um dies zu untersuchen, sollen Konstruktionen und Baumaterialien entsprechend der Wertschöpfungskette analysiert und mit dem Baumanagement verknüpft werden.

Stoffpass: Dazu wurden bereits verschiedene theoretische Konzepte von (Obernosterer 2000) und (Weber-Blaschke al. 2005) entwickelt. Beide Studien untersuchen Stoffströme bestehender Gebäude am Lebensende, um deren Stoffinhalt und Wirkungen retrospektiv zu erfassen. Darüber hinaus haben sie die Umweltwirkungen auf die lokalen und regionalen Ökosysteme untersucht. Obernosterer schlägt eine Weiterentwicklung des Passivhauses zu einem Niedrigstoffhaus vor und nennt allgemeine Ziele für ein stoffeffizientes Gebäude. Dazu zählt er die Vermeidung lokaler Senken an schädlichen Substanzen in Siedlungsgebieten, die Vermeidung von Schadstoffen in Baumaterialien, die Verwendung von Materialien, welche sich für eine Wieder- bzw. Weiterverwendung (Kaskadennutzung, Recycling) eignen, und nennt als Instrument zur Stoffstromerfassung und -lenkung die Stoffstrombilanzierung.

## **7 Zielsetzung**

### **7.1 Allgemeine Ziele**

Das Projekt „Stoffpass“ schafft die Grundlagen zur Entwicklung eines Instruments zur Verbesserung der Ressourceneffizienz im Bauwesen. Beginnend mit der Immobilienwirtschaft und ihren Prozess-, Steuerungs- und Dokumentationsschnittstellen im Entwicklungs-, Planungs- und Umsetzungsablauf wird die als verantwortlich bezeichnete initiale Planungsphase einbezogen. Der Stoffpass hat das Ziel die spezifischen materiellen Eigenschaften eines Gebäudes zu dokumentieren und die Interessengruppen darüber zu informieren. Dazu wird mit einer systematische Gliederung der Bauprozesse anhand der im Bauwesen üblichen Strukturen verfahren.

Die Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG, die bereits im Bereich der Bestandsentwicklung tätig ist, möchte sich der Verantwortung gegenüber den Fragen der Zukunft im Sinne einer nachhaltigen Unternehmensführung stellen. Im Rahmen der Fallstudien möchte die Bayerische Hausbau Erkenntnisse für den Umgang mit Ressourcenfragen für die Projektentwicklung gewinnen, um daraus einen Beitrag zur Nachhaltigen Entwicklung abzuleiten. Diese Erkenntnisse sollen für weitere strategische Fragen nutzbar sein.

Nachhaltige Entwicklung entsteht durch nachhaltigen Konsum (Belz 2012). Baumaterialien oder ein gesamtes Bauwerk können als Produkte aus einer industriellen Produktion betrachtet werden. Herkömmliche etablierte Geschäftsstrategien neu zu überdenken und fordert damit das traditionelle Management. Motivation auf kleiner Ebene oder ganze neue Geschäftsmodelle, Strukturen oder Netzwerke, sind nötig, um den Lebenszyklusgedanken in der Industrie zu etablieren. Firmen halten nachhaltige Entwicklung für strategisch wichtig, um Effizienz, Wachstum, Wettbewerbsvorteile, und finanzielle Sicherheit zu erlangen. Sie benötigen aber Anhaltspunkte, an denen sie Entscheidungen hin zu einer nachhaltigeren Ausrichtung ihres Managements treffen. Das Messen von Potential für nachhaltige Entwicklung auf eine pragmatische Art stellt jedoch eine Herausforderung für Unternehmen dar, und zwar in allen Bereichen: in umweltrelevanter, wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht. Theoretisch könnte das durch LCA (Ökobilanzen) abgedeckt werden, aber individuelle LCA Studien bieten keine effektive oder flexible Managementunterstützung. Zur Kontrolle, Bewertung und Verbesserung der Nachhaltigkeitsperformance ist die Entwicklung eines pragmatischen, agilen und genügend robusten Systems nötig, das sich auf verlässliche Daten stützt, sowie einfach und kostengünstig anzuwenden ist.

## **7.2 Operationalisierung der Ziele**

Neben den hohen Anforderungen an die Verringerung des Energieverbrauchs in der Betriebsphase tritt die Lebensdauer, Herstellungs- und Lebensendphase von Gebäuden verstärkt in den Focus der Aufmerksamkeit und Lebenszyklusdebatte. An dieser Stelle kann vor allem über die Menge, Art, die Herkunft und Wertschöpfungskette der verwendeten Stoffe, insbesondere nachwachsender Rohstoffe, ein wesentlicher Beitrag geleistet werden. Ebenso wird die Ressourceneffizienz hinsichtlich Weiter- und Wiedernutzung entscheidend gesteuert. Dies gilt für alle Ressourcen, die recyclingfähig sind. Anhand von Fallbeispielen aus der Neubau- und Bestandsentwicklung sollen modellhaft die Art und Zusammensetzung der Stoffe im Gebäudebestand erfasst und mit Qualitätszielen verknüpft werden. Diese werden als innovativer Ansatz in Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern entwickelt. Nachhaltige Entwicklung wird dabei in Bezug auf die Material- und Konzeptwahl von Baumaterialien untersucht. Das Gebäude wird als Summe von Produkten betrachtet.

Intention dieser Studie ist es aufzuzeigen, dass die Immobilienentwicklungskosten die Lebenszykluskosten im Blick haben müssen. Dazu ist wichtig zu wissen, wie diese Kosten entstehen, was dieser Auffassung vom Begriff der „Kosten“ an Anspruch zur Erfüllung der Lebenszykluskosten fehlt, und wo Ergänzungen vorgenommen werden können.

Dazu sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Information, Daten und Kriterien müssen in einem Stoffpass aufgenommen werden?

- Welche Information, Daten und Kriterien sind im praktischen Baumanagement verfügbar bzw. recherchierbar? (Volldeklaration von Baustoffen, Identifikation von Risikostoffen in Baustoffgruppen)
- Wie funktioniert das Baumanagement – wie könnte ein Stoffpass in die Prozesse integriert werden?
- Welche Informationsquellen müssen dem Baumanagement geliefert werden?
- Trägt ein Stoffpass für die Fallstudien zu einer nachhaltigen Entwicklung durch die Bauprozesse bei?

### **7.3 Motivation auf politischer Ebene**

Die Europäische Kommission möchte die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft fördern und den politischen Rahmen für Ressourceneffizienz im Baubereich entwickeln. Dazu sollen Standards und Methoden entwickelt werden, die Stadtplanung, Architektur, Tragwerksplanung, Bauwesen, Erhaltungsstrategien, Energieeffizienz, Renovierung und Recycling betreffen. Diese sollen alle Materialien und Gebäudeteile betreffen.

In heutigen Baumanagementprozessen fehlen taugliche Prozesse, umweltrelevante Information in Entscheidungen einfließen zu lassen und anwendbar zu machen. Dadurch entsteht eine verzerrte Sichtweise von nachhaltiger Entwicklung ohne wissenschaftliche Basis, gängige Annahmen gehen in die Behandlung im Tagesgeschäft über. Der Begriff des „ökologischen Bauens“ etabliert sich im Alltagsgeschäft zunehmend, wobei allerdings die umweltwissenschaftliche Definition von „Ökologie“ nicht mehr dem entspricht, was allgemein gültig unter „ökologischem Bauen“ verstanden wird. Deswegen erachten wir es als notwendig, die umweltwissenschaftlichen Komponenten von Bauprozessen klar herauszustellen, und für das Alltagsgeschäft in Entwicklung, Konzeption, Baukonstruktion und Baurealisierung anwendbar zu machen. Damit wird die Anwendbarkeit von Life Cycle Management und LCSA Life Cycle Sustainability Assessment als Grundvoraussetzung für Nachhaltige Entwicklung geschaffen.

#### **Prozessbasierte Aspekte aus immobilienökonomischer Perspektive**

Wertschöpfung auf Seite der Bauausführenden und Projektentwickler, ökonomische Effekte und Entscheidungsstrukturen stellen die Rahmenbedingungen dar, Information anzubringen und Innovation zu fördern. Bauprozesse, Materialverfügbarkeit, Kundenwunsch beeinflussen und bedingen sich gegenseitig. Um die Möglichkeit für den Planer und den Bauprozess durch ein erweitertes Angebot an verfügbaren Informationen zur späteren Produktentwicklung und Innovationsförderung anzubieten, ist eine gute Vorbereitung nötig. Dazu braucht es anwendbare Information.

Unternehmerische Verantwortung als freiwilliger Beitrag von Wirtschaftsunternehmen zu einer nachhaltigen Entwicklung, der über die gesetzlichen Forderungen hinausgeht, vereint verantwortliches unternehmerisches Handeln in der eigentlichen Geschäftstätigkeit mit der Berücksichtigung ökologischer und soziokultureller Aspekte. In diesem Zusammenhang steht die Führung eines Unternehmens vor der Herausforderung, komplexe wissenschaftliche Erkenntnisse und die vielfältigen Forderungen relevanter Anspruchs- und Interessengruppen in ihre Entscheidungen einzubeziehen. Um theoretisches Wissen über nachhaltige Entwicklungen in praktische Managemententscheidungen umsetzen zu können, sind geeignete

Werkzeuge notwendig. Deren Entwicklung wird durch angewandte Forschung, die wissenschaftlich fundierte Werthaltungen für Praxisentscheidungen verwertbar macht, ermöglicht.

### **Stoffliche Aspekte aus baukonstruktiver Perspektive**

Hinausgehend über den Konzeptentwurf für mehr Ressourceneffizienz werden ausgehend von den Risikofaktoren (Lebensdauer durch Herstellungsqualität, Rückbau) die spezifischen Parameter auf umweltrelevante Zielgrößen im Bauprozess untersucht. Dabei wird unter anderem anhand von baukonstruktiven Szenarien die Optimierung der konstruktiven Verbindung beziehungsweise Fügung in Verbindung mit Materialwahl und technischer Funktion unter Berücksichtigung der Beanspruchung durchgeführt. Durch Verknüpfung mit Umweltdaten sowie den Verweildauern im Lebenszyklus und den Verwertungsoptionen am Nutzungsende des Bauwerks besteht die Option die Umweltwirkungen zu ermitteln. Dazu bedarf es außerdem der genaueren Untersuchung der Herstellung, unter Berücksichtigung der Fähigkeit zu Unterhalt und Rückbaubarkeit. Aus der Fügung und Verweildauer von Stoffen im Gebäude und der (Ab-) Nutzung / Beanspruchung von Material (-oberflächen) ergeben sich Fragestellungen bezüglich der funktionalen und ökonomischen Kriterien über den Lebenszyklus. Verlängerte Haltbarkeiten oder geringerer Unterhaltsaufwand können kostenintensiver in der Beschaffung sein, ebenso eine lösbare, einfach trennbare Fügung eines Bauteils oder einer Materialschicht. Teilziel ist die Erarbeitung von ersten Umsetzungsstrategien und Handlungsmöglichkeiten, um auf technischer und konstruktiver Ebene die Qualität und Lebensdauer vom Rohstoff über die Konstruktion bis zum Rückbau und der Entsorgung von Bauteilen und Bauwerken effizienter zu erreichen. Dazu benötigt es eine genauere Definition technischer und funktionaler Kriterien in Zusammenhang mit konstruktiven Fragestellungen wie Beanspruchung, Widerstand, Fügung der Materialschichten und Bauteile, aber auch der Umweltwirkungen und der Recyclingfähigkeit. Die Definition des konstruktiven Rahmens und die darauffolgende Untersuchung der Wechselbeziehung können nicht in vollem Umfang in diesem Projekt erfolgen, dennoch wird versucht erste Lösungsansätze zu erarbeiten, die für nachfolgende Projekte als Ausgangspunkt dienen.

## 8 Methodik

### 8.1 Case study research

Um theoretisches Wissen über nachhaltige Entwicklungen in praktische Managemententscheidungen umsetzen zu können, sind geeignete Werkzeuge notwendig. Deren Entwicklung wird durch angewandte Forschung, die wissenschaftlich fundierte Werthaltungen für Praxisentscheidungen verwertbar macht, ermöglicht.

Die Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG nimmt als Industrie- und Projektpartner an dieser Studie teil, und gewährt Einblick in Entscheidungsstrukturen der Immobilienprojektentwicklung.

Fokus der Untersuchung:

- Informationsbereitstellung (Hauptziel ist umfassende, objektive Produktinformation über die stoffliche Inputseite des Produkts. Die Umweltwirkungen sind nicht Gegenstand der Untersuchung allerdings wird die Outputseite implizit angesprochen über die. Weiteres Ziel ist eine Information über die Konstruktionsweise, Nutzungsintensität, Dauerhaftigkeit, usw. Aus beiden Informationen werden Risiken, also Kostenfaktoren, für den Gebäudelebenszyklus aufgrund erhöhter Stör- / Sicherheitsanfälligkeit verursacht durch Einwirkungen auf Konstruktion und Material abgeleitet.)
- Weiteres Ziel ist eine Information über die Konstruktionsweise, Nutzungsintensität, Dauerhaftigkeit, usw. Aus beiden Informationen werden Risiken, also Kostenfaktoren, für den Gebäudelebenszyklus aufgrund erhöhter Stör- / Sicherheitsanfälligkeit verursacht durch Einwirkungen auf Konstruktion und Material abgeleitet. Strukturierte und reduzierte Informationslandschaft durch standardisierte Bauteile auf Unternehmensebene, dafür ein Vorauswahlinstrument (z.B. Bewertungsmatrix).
- Bewertungsverfahren
- Entscheidungsfindung
- Kontrollverfahren
- Kommunikationsweise / -form

### 8.2 Herstellungs- und Rückbauszenarien

Damit das Wirtschaftswachstum von der Abfallerzeugung abgekoppelt wird, legt die Europäische Union rechtliche Vorgaben fest, erfasst und regelt den Abfallzyklus, von der Abfallerzeugung bis zur -beseitigung. Der europäische Rat fordert die Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung im Abfallsektor von der Kommission. Sowie zwischen Verwertung und Beseitigung zu differenzieren und die Unterscheidung zwischen Abfall und Nicht-Abfall zu klären. Dabei wird der Abfallverwertung und dem Recycling besondere Bedeutung beigemessen. Die Abfallhierarchie wird in der EU Abfallrichtlinie von 2008 im Artikel 4 festgelegt und umfasst die Stufen a) Vermeidung b) Vorbereitung zur Wiederverwendung, c) Recycling, d) sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung, e) Beseitigung. (EU 2008/98/EG) Artikel 11 2(b) legt die Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recyclings und stoffliche Verwertung von Bau-/Abbruchabfällen für 2020 auf 70 Gewichtsprozent fest. Dies Tatsache sehen die Verfasser als eine Möglichkeit anzusetzen und über die Baukultur und Baukonstruktion vertieft nachdenken und neue sortenreine Bauweisen entwickeln sowie einen Stoffpass als Dokumentations- und Entscheidungsinstrument einzusetzen.



### **8.3 Verwendete Daten und Datenqualität**

Anhand von Fallbeispielen aus Neubau- und Bestand und werden die Art und Zusammensetzung der Stoffe im Gebäudebestand erfasst und mit Qualitätszielen verknüpft. Als Datengrundlage dienen qualitative und quantitative Daten aus Entwurfs- und Planungsdokumenten, Besprechungsnotizen und –Teilnahmen sowie weitere Unterlagen aus der Projektbearbeitung. Die Fallbeispiele werden in Kapitel 6 ausführlich dargestellt und die Ergebnisse aus den Untersuchungen diskutiert. Den im vorangehenden Absatz vorgebrachten Forderungen auf europäischer Ebene wird versucht soweit wie möglich zu entsprechen.

## **9 Annäherung an Ressourcenfragen aus immobilienökonomischer Perspektive**

Die Bearbeitung dieses Kapitels lag bei Dipl.-Ing. M.Sc. Barbara Hausmann, Holzforschung München und Bayerische Hausbau GmbH & Co. KG.

### **9.1 Nachhaltige Entwicklung und Immobilienunternehmen**

Es wird als wichtig erachtet, als Grundlage für einen Stoffpass die Entscheidungskanäle für die normale Funktion einer immobilienrelevanten Entscheidung zu analysieren. Busse (Busse 2012) empfiehlt, um nachhaltige Entwicklung zu implementieren, sollen die existierenden Strukturen zuerst betrachtet werden. Da der Planungsvorgang von Gebäuden auf immobilienökonomischen Entscheidungen basiert, werden hier immobilienökonomische Strukturen zuerst betrachtet, um diese zu verstehen, Material-relevante Entscheidungswege aufzuzeigen und Aussagen für die Basis zur Erstellung eines Stoffpasses geben zu können.

#### **9.1.1 Nachhaltige Entwicklung als unternehmerisches Ziel**

Das Handeln von Unternehmen ist öffentlich - Unternehmen sind „quasi-öffentliche Institutionen“ (Ulrich 1977). Unternehmerische Verantwortung als freiwilliger Beitrag von Wirtschaftsunternehmen zu einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung, der über die gesetzlichen Forderungen hinausgeht, vereint verantwortliches unternehmerisches Handeln in der eigentlichen Geschäftstätigkeit mit der Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte. In diesem Zusammenhang steht die Führung eines Immobilienunternehmens vor der Herausforderung, komplexe wissenschaftliche Erkenntnisse und die vielfältigen Forderungen relevanter Anspruchs- und Interessengruppen in ihre Entscheidungen einzubeziehen. Um nachhaltige Entwicklung durchsetzen zu können, müssen alle Akteure in der Lage sein, Möglichkeiten für das Eigene- und Gemeinwohl zu identifizieren (Busse 2012). Das Erkennen von Potential für nachhaltige Entwicklung auf eine anwendbare, einfach zu handhabende Art stellt eine Herausforderung für Unternehmen dar. Ökologischen Wirkungen werden durch diverse LCA Informationen beschrieben, aber individuelle LCA Studien bieten keine effektive oder flexible Managementunterstützung (Lasvaux 2014). Das bedeutet, es fehlt unter anderem an der Verbindung von wirtschaftlichen und sozialen Kennwerten mit materialrelevanten Projektdaten, um den Einfluss von Entscheidungen auf eine nachhaltige Entwicklung einordnen zu können. Weiterhin werden in Ökobilanzen schwerpunktmäßig die umweltschädigenden Wirkungen und lediglich partiell die stofflichen Eigenschaften vor dem Hintergrund des Gebäudelebenszyklus und im Zusammenhang mit nachhaltigem Bauen erfasst und bewertet. Gängige Standards und Normen beeinflussen gegenwärtig und in Zukunft die Ausrichtung der Praxis. Die für diese Studie als relevant identifizierten Standards sind CEN/TC 350 Sustainability of Construction works.

Das Prinzip nachhaltige Entwicklung repräsentiert (Vogt 2004) eine zeitgemäße und nötige Ergänzung der klassischen Sozialprinzipien Personalität, Solidarität und Subsidiarität. Nach Vogt stellt das Prinzip nachhaltige Entwicklung den Menschen als Verantwortungsträger in den Mittelpunkt des ethisch-politischen Konzeptes.

## 9.1.2 Nachhaltige Gebäude

Lützkendorf formuliert „ein nachhaltiges Gebäude sollte ein Gebäude sein, dass durch seine Charakteristika und Kriterien zu einer nachhaltigen Entwicklung beiträgt“ (Lützkendorf 2007).

Dazu werden folgende Kriterien vorgeschlagen (Lützkendorf 2007) (Rottke und Landgraf 2010):

- Gewährleistung von Funktionalität, Ästhetik, Nutzbarkeit und Erhaltung des Kulturgutes,
- Minimierung der Lebenszykluskosten,
- Schutz und/oder Steigerung von Kapitalwerten,
- Reduzierung der schädlichen Einflussnahme auf die Umwelt,
- Der Schutz von Gesundheit, Behaglichkeit und Sicherheit von Arbeitern, Bewohnern, Benutzern und Nachbarn.

Um die Einflussnahme auf nachhaltige Entwicklung durch Immobilienentscheidungen zu untersuchen, werden im Folgenden Wege aufgezeigt, immobilienrelevante Prozesse mit den Möglichkeiten zur Einflussnahme auf nachhaltige Entwicklung in Verbindung zu bringen. Dazu gehört die Auffassung, dass Immobilien aus Bauprozessen sowie aus Bauprodukten bestehen. Über die Phase der Immobilienentwicklung werden Entscheidungen getroffen, die schwer revidierbar sind. Die gelegte Grundlinie für Managementprozess, Konzept und Material kann in der Planung schwer verändert werden. Deswegen erachten wir es als sinnvoll, die Informationsstrukturen dieser initialen Phase genauer zu beschreiben. Im folgenden Teil wird der Zusammenhang Konzept-Bauprozess-Bauprodukt beschrieben.

## 9.2 Entscheidungen in der Immobilienentwicklung – erklärt für die Integration eines umweltwissenschaftlichen Anspruchs

### 9.2.1 Die Immobilie als Wirtschaftsgut

Diese klassischen entscheidungsrelevanten Strukturen werden hier erläutert, um die Möglichkeit der Implementierung von stoffrelevanter Information aufzuzeigen. Die Besonderheit an der ökonomischen Dimension im Baubereich liegt darin begründet, dass Fachvertreter Ingenieure sind<sup>1</sup>. Ferner steht die Immobilie als ein Wirtschaftsgut. Pfnür (Pfnür 2011) führt an das Verständnis der Immobilie als Wirtschaftsgut heran:

„Immobilien sind Wirtschaftsgüter in Form von Grundstücken beziehungsweise grundstücksgleichen Rechten, Gebäuden und Zubehör, deren Kosten- und Nutzenwirkungen im Zeitablauf die Zielerreichung von Wirtschaftssubjekten beeinflussen. Sie können dabei nach Maßgabe der wirtschaftlichen

---

<sup>1</sup>„Fachvertreter der Baubetriebswirtschaftslehre sind Ingenieure. Dies liegt darin begründet, dass die Besonderheiten der Bauwirtschaft mit ihrer Einzelfertigung von Unikaten, ihren von Baustelle zu Baustelle wandernden Werkstätten, dem Absatz durch Ausschreibung und Zuschlagserteilung vor der eigentlichen Produktion mit der starken Verflechtung zwischen technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Einflussfaktoren komplex erscheinen. (...) Dabei hat die Bruttowertschöpfung in der Bauwirtschaft traditionell einen Anteil von etwa 6% am Bruttoinlandsprodukt. Etwa jeder 12. Beschäftigte ist in der Bauwirtschaft tätig oder in den vor- und nachgelagerten Bereichen eng mit ihr verbunden. Die Bauwirtschaft hat daher hohe wirtschaftspolitische Bedeutung für die Volkswirtschaft nicht nur in der BRD, sondern auch jeder anderen Industrienation. Für die Bauwirtschaft gelten einerseits Regeln der Allgemeinen Volkswirtschaftslehre und Betriebswirtschaftslehre, andererseits jedoch zahlreiche Besonderheiten, die Beachtung verdienen.“ (Diederichs 1999, S. 1)

Nutzungsmöglichkeit sowohl eine Teilmenge als auch eine Gruppe von Grundstücken, grundstücksgleichen Rechten oder deren wesentlicher Bestandteile im Sinne des bürgerlichen Rechts sein.“ (Pfnür 2011)

Das hat zur Folge, dass Immobilien als Kapitalanlage gesehen werden. Das bedeutet, die Projektentwicklung versteht sich als die Entwicklung von funktionierender Kapitalanlage. Aus Investorensicht sind die Dimensionen von Erfolg in der Grafik erläutert. Risiko und Ertrag spielen hierbei eine wichtige Rolle.

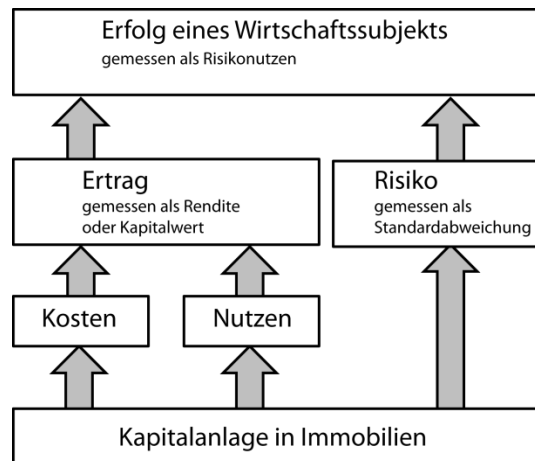


Abb. 5 Erfolgsdimensionen aus Investorensicht, nach Pfnür 2011

## 9.2.2 Die Immobilien - Projektentwicklung

Die Projektentwicklung erweitert die Möglichkeit der Investoren, sich im Wettbewerb günstig zu platzieren: in Phasen ansteigenden Preisniveaus werden Immobilien selbst entwickelt, anstatt Objekte mit niedriger Performance einzukaufen. Damit wird eine Entkopplung der zyklisch verlaufenden Angebots- und Nachfrageschwankungen auf den Immobilienmärkten erreicht. Auch bei nachlassender Nachfrage bieten Immobilienvorhaben mit einer besonderen Projektphilosophie Wettbewerbsvorteile. (Diederichs1999, S. 305):

- Erzielung strategiegerechter Nutzungskonzeptionen,
- Einfluss auf die Vermietung,
- Höhere Objektqualität,
- Verjüngung des Immobilienbestandes,
- Niedrige Gesamtkosten.

In der Immobilienwirtschaft sind Interessen und Stakeholder von Bedeutung, die in der folgenden Grafik zusammengefasst sind. Das Wissen um die Sichtweise der Beteiligten ist wichtig für das Verständnis der Einflussnahme Möglichkeiten in der „Initialen Planungsphase“.

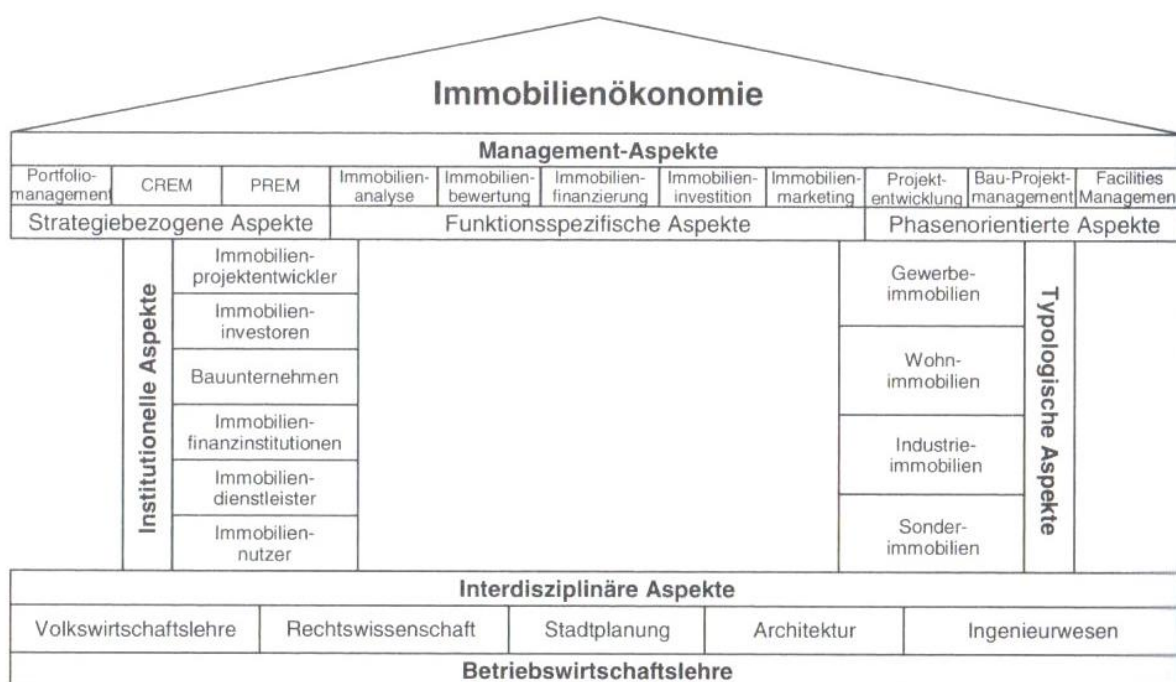


Abb. 6 „Haus der Immobilienökonomie“: Stakeholder und Interessen in der Immobilienökonomie, IREBS 2015

Das Tätigkeitsfeld des Real-estate development ist von Diederichs und Schwarz beschrieben. Beide versuchen, Faktoren wie Wettbewerb, Arbeitsleistung, die Gewährleistung von ökonomischem, sozialen und umweltrelevanten Effekten zu kombinieren: "Via project development the factors location, project idea and capital have to be combined, that from a microeconomic point of view competitive, employment generating and – assuring as well as macroeconomic socially and environmentally responsible real estate projects can be created and used permanent financial viability" (Schwarz 2013). "Project development is to combine factors location, project conception and capital in order to create a project that as consequence results competitive and job-creating for the microeconomy and therefore is permanent rentable for macroeconomic, social and environmental matters" (Dederichs 1999). Als determinierende informationsliefernde Stakeholder in der frühen Phase, die den Einfluss auf Kosten, Zeit und Qualität prägt, können die Projektentwicklung, der Investor und Bauunternehmen gesehen werden.

### 9.2.3 Das Immobilienmanagement

Im Immobilienmanagement werden Entscheidungen gefällt, die auf Lebenszyklus und materieller Ausgestaltung von Gebäuden Einfluss nehmen. Die folgende Grafik zeigt die verschiedenen Sichtweisen von Eigentümern/Investoren, Nutzern sowie dem Real-estate und construction business Bereich auf. Bestehende Ansätze zur Bewertung von „Nachhaltigkeit“ von Gebäuden gehen in den meisten Fällen von einer anderen Herangehensweise aus. Dies wird später erläutert.

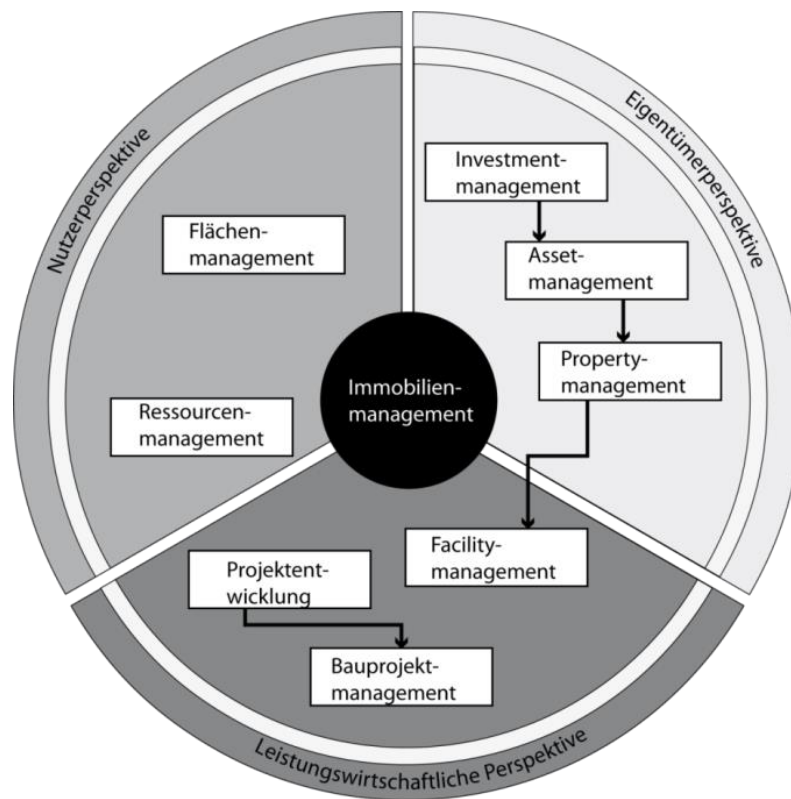


Abb. 7 Elemente des Immobilienmanagements, Pfnür 2011

Weiter werden Gebäude als Investment-Objekt gehandelt. Der Begriff Real Estate Investment Management (REIM) wurde von der Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung (gif e. V.) mit Hilfe eines Leistungsbilds abgegrenzt. Auf dieser Basis definiert Kämpf-Dern (2009) den Begriff wie folgt: Real Estate Investmentmanagement (REIM) ist das rahmengebende Management von Immobilienbeständen oder -geschäftsfeldern. Es erkundet die immobilienbezogenen Ziele und Möglichkeiten des Investors/Unternehmens, definiert auf dieser Basis die prinzipiellen Vorgaben für Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen, trifft die hierfür relevanten Entscheidungen und kontrolliert die Zielerreichung ihrer Umsetzung. (Pfnür 2011):

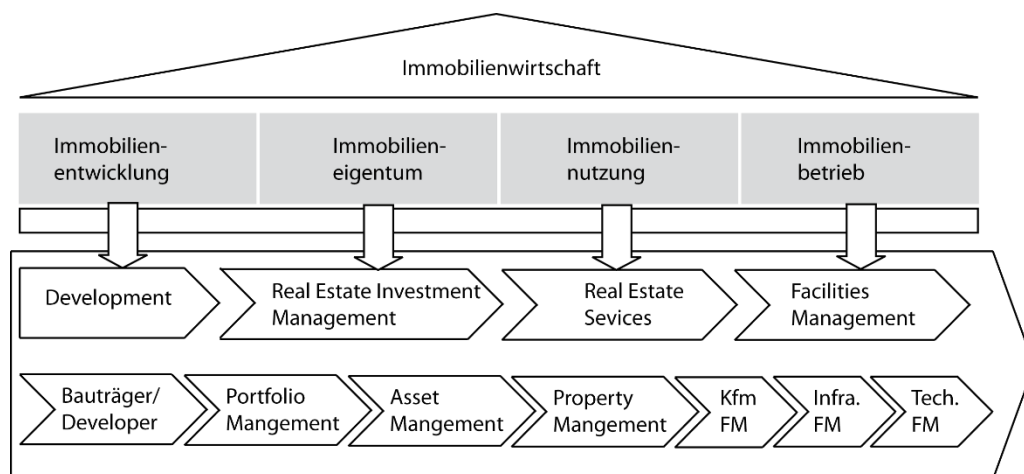


Abb. 8 Prozesskette aus Dienstleistungen für Nutzer und Eigentümer bei Immobilien, Pfnür 2011

Als wichtige immobilienwirtschaftliche Managementdisziplin steht Asset- und Portfoliomanagement. Diese sind wie folgt beschrieben: „Das Real Estate Asset Management hat recht enge Bezüge zum Portfoliomanagement. Während das Portfoliomanagement oft einen überregionalen Schwerpunkt hat, ist im Asset Management Marktkenntnis erforderlich. Zudem ist das Portfoliomanagement stärker an der Finanzwirtschaft des Unternehmens orientiert, während im Asset Management vor allem die immobilienwirtschaftlichen Chancen und Risiken des Objekts das Handlungsfeld des Managements aufspannen. Unterschiedliche Auffassungen bestehen derzeit ferner über Art und Umfang der Unterstützung des Portfoliomanagements bei Transaktionen. Unstrittig ist dabei, dass die Markt- und Objektkenntnisse des Asset Managements bei Markttransaktionen nützlich sind. Auseinander gehen die Meinungen aber hinsichtlich des Umfangs von Durchführung und Verantwortung der Transaktionen durch das Asset Management. Während in einem Teil der Unternehmen das Asset Management die Transaktionen verantwortet und zu großen Teilen selbst durchführt oder die Dienstleister zumindest steuert, ist in anderen Unternehmen das für die Region verantwortliche Asset Management nur beratend tätig. Wird das Asset Management extern beauftragt, hängt der Leistungsumfang stark mit den spezifischen Kompetenzen des beauftragten Unternehmens zusammen. Ein Asset Managementdienstleister mit Maklerhintergrund hat beispielsweise derzeit noch ein anderes Kompetenzprofil als ein Asset Managementdienstleister, der Teil eines Baukonzerns ist. Es ist zu erwarten, dass sich die Kompetenzprofile zukünftig annähern werden.“ (Pfnür 2011). In der case study company ist das Asset Management mit der Verwaltung der Bestandsobjekte und das Property Management mit der Ausführung der technischen und kaufmännischen Tätigkeiten (Mietenbuchhaltung, Instandhaltung und –Instandsetzung etc.) betraut, nach Vorgabe des Asset Managements. Die Projektentwicklung ist dem Asset Management vorgeschaltet. Das Asset Management steigt früh in die Planungen der Projekt Entwicklung ein und gibt Anmerkungen zu der Planung bzgl. Umsetzbarkeit und Durchsetzbarkeit „am Markt“. Das Portfoliomanagement im Hause macht die strategische Ausrichtung der gesamten Objekte und überlegt, welche Objekte daraus verkauft werden können oder welche Objekte / Projekte noch angekauft werden können. Ferner führt das Portfoliomanagement Auswertungen zu diversen Kennzahlen (Finanzierung etc.) durch. Die finanzielle Performance von Immobilienportfolios steht für die meisten Portfolioeigentümer im Vordergrund. Dabei wird

einerseits auf die Rendite fokussiert (z.B. Gesamtrendite, Netto-Cash-Flow-Rendite, Wertänderungrendite) und zum anderen sollte das Risiko beachtet werden. Ein Immobilienportfolio ist dann effizient, wenn sich bei gleichem Ertrag keine Kombination aus Immobilien mit niedrigerem Risiko erstellen lässt oder bei gleichem Risiko mehr Ertrag generieren lässt. Ziel der Portfoliotheorie ist es, Handlungsanweisungen zur bestmöglichen Kombination von Anlagealternativen zur Bildung eines optimalen Portfolios zu geben. (Meins 2012)

## 9.2.4 Von der Immobilienentwicklung zum Gebäude

Die Immobilienentwicklung umfasst verschiedene Phasen und nimmt Einfluss in verschiedenen Abschnitten des Gebäudelebenszyklus. Folgende Grafik soll diesen Zusammenhang veranschaulichen:



Abb. 9 Phasen der Projektentwicklung, Pfnür 2011

Ein wichtiger Bestandteil der in umweltwissenschaftlichen Veröffentlichungen oft als Initiale Planungsphase bezeichneten Projektentwicklung basiert auf den Vorgaben der Bauleitplanung. „Die Durchführung konkreter Bauprojekte ist zwar den Zielen der Raumordnung anzupassen, sie regelt sich aber vor allem nach der im ersten Kapitel des BauGB bundesrechtlich fixierten Bauleitplanung. Die Bauleitplanung enthält wesentlich konkretere Regelungen zur Abstimmung eines Objekts mit seiner Umgebung. Sie ist Bestandteil des kommunalen Selbstverwaltungsrechts nach Art. 28 GG und obliegt deshalb der Planungshoheit der Gemeinden. Die Planungshoheit beinhaltet die Verpflichtung, Bürger und Träger öffentlicher Belange in die Planung einzubeziehen. „Die Bauleitpläne sollen eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung und eine dem Wohl der Allgemeinheit entsprechende sozialgerechte Bodennutzung gewährleisten und dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern und die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln“ (§ 1, Abs. 5, BauGB). Diese Ziele sind bewusst recht vage formuliert. Auch ein Katalog an



insbesondere zu berücksichtigenden Belangen bringt keine exaktere Präzisierung. Vielmehr bietet sich der örtlichen politischen Willensbildung ein erheblicher Gestaltungsspielraum. Die Bauleitplanung besteht aus zwei Teilbereichen 1. Vorbereitende Bauleitplanung – Flächennutzungsplan (§§ 5–7 BauGB) und 2. Verbindliche Bauleitplanung – Bebauungsplan (§§ 8–10 BauGB).“ (Pfnür 2011) Die folgende Grafik stellt den Ablauf und die Aufgaben für die Projektentwicklung bis zur Baurealisierung zusammen. Information zu Materialien zieht sich von den ersten Entscheidungen bis in die Umsetzung des Bauwerks fort. Dennoch gibt es keine Dokumentation, die sich über den Planungs- und Bauprozess hindurchzieht, und die ökologisch relevanten Materialeigenschaften dokumentiert. Ein Stoffpass kann effektiv funktionieren, wenn er sich in die bestehenden Bauprozesse und Entscheidungswege eingliedert. Deswegen zeigt die folgende Abbildung den normalen Funktionsweg der initialen Phase. Neben der Betrachtung eines Einzelprojektes werden Entscheidungen von Bestandhaltern oder Immobilienunternehmen im Kontext des Immobilienportfolios getroffen. Dieser Sachverhalt zieht in die Diskussion um nachhaltige Gebäude und nachhaltige Entwicklung ein. Meins (Meins 2013) in ihrer Arbeit die Portfoliobetrachtung als einen Ansatzpunkt bei der Diskussion um die Implementierung von Information um nachhaltige Entwicklung in den Mittelpunkt. Dies spricht für die Herangehensweise, für die Entwicklung eines Stoffpasses auf die Entscheidungsstruktur aus der Immobilienentwicklung aufzubauen: „Jede Portfoliobetrachtung stellt die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Rendite und Risiko einer Kapitalanlage. Dies gilt für Immobilien ebenso wie für Aktien oder andere Investitionen. Für die verschiedenen Anlageklassen unterschiedlich ist die Art und Messung der Risiken. Bei Immobilien sind sie bestimmt durch wirtschaftliche Veränderungen, demografischen Wandel, steigende Energiepreise, Klimawandel usw. Sie alle können für Immobilien ein Risiko oder eine Chance darstellen. Eine Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsmerkmalen im Portfoliomanagement bei Immobilien erlaubt es, die damit verbundenen Risiken und Chancen in die Entscheidungen einzubeziehen. (Meins et al. 2012, S. 4) Im Portfoliomanagement sind Kenntnisse des Rendite- und Risikoprofils der einzelnen Immobilien eine Voraussetzung für fundierte Investitionsentscheidungen. Eine entsprechende Portfolioanalyse wird möglich durch das Abtragen der Rendite und des ESI Ratings als Indikator für das Risiko der Wertentwicklung.“ (Meins 2013, S. 23)

Für die Projektentwicklung ist die Wirtschaftlichkeitsanalyse ein zentrales Entscheidungsinstrument. Zimmermann (Zimmermann 2010) beschreibt die Funktion wie folgt: „Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsanalyse werden in der Projektentwicklung im Vorfeld der Realisierungsentscheidung den voraussichtlichen Kostenpositionen zur Erstellung des Projekts (z.B. Planungskosten, Baukosten, Finanzierungskosten) die erwarteten Erlöspositionen (z.B. Miete, Verkaufspreis) gegenübergestellt. Der voraussichtliche Trading-Profit als Ergebnis stellt im Zusammenspiel mit der Risikobewertung einen maßgeblichen Kennwert für die Realisierungsentscheidung des Projekts dar. Die Aussage über die Projektrendite ist jedoch grundsätzlich mit einer gewissen Unschärfe behaftet. Diese Unschärfe entsteht aufgrund des zum Teil geringen Kenntnisstandes über Kosten- und Erlöspositionen im Vorfeld der Projektabwicklung und erschwert damit die Bestimmung der zukünftigen Projektrendite. (...) Aufgrund des Unikatcharakters der Immobilie ist jedoch eine ausreichende Grundgesamtheit für eine statistische Betrachtung der objektspezifischen Risikopositionen in der Regel nicht gegeben. Die in der Immobilien- und Baubranche traditionell gebräuchlichen Methoden zur Identifizierung des Risikopotentials der Projekte, wie bspw. Die Szenarien- oder Sensitivitätsanalyse, basieren in der Regel auf subjektiven Einschätzungen, die

aus unvollständigen Informationen gebildet wurden, und liefern folglich Aussagen, die eine gewisse Unschärfe ausweisen. Diese Unschärfe bleibt jedoch bei der Risikobewertung im Allgemeinen unberücksichtigt, was die Transparenz, Vergleichbarkeit und als Folge auch die Aussagekraft der Risikobewertung herabsetzt.“ (Zimmermann 2010)

Wichtig für die Betrachtung und Beurteilung von Baukonstruktionen ist neben dem Wissen, dass es sich bei Immobilien als Nachdem Immobilien um Wirtschaftssubjekte handelt, die ein Management erforderlich machen, das Verständnis für Risikothemen aus Sicht der Immobilienbranche. Schwarz (Schwarz et al. 2013) und Diederichs (Diederichs 1999) beschreiben verschiedene immobilienrelevante Risiken:

- Vermarktungsrisiko durch nicht-marktkonforme Nutzungskonzeption,
- Standortrisiko,
- Genehmigungsrisiko aufgrund Ermessensspielräumen oder Akzeptanz,
- Zeitrisko,
- Finanzierungsrisiko,
- Baugrundrisiko.

Diese Risiken können in ihrer Wahrnehmung um ökologische Anforderungen erweitert werden. Die wichtige Entscheidung in der Immobilienentwicklung ist die Realisierungsentscheidung. Diese hat hauptsächlich wirtschaftliche Argumente als Grundlage.

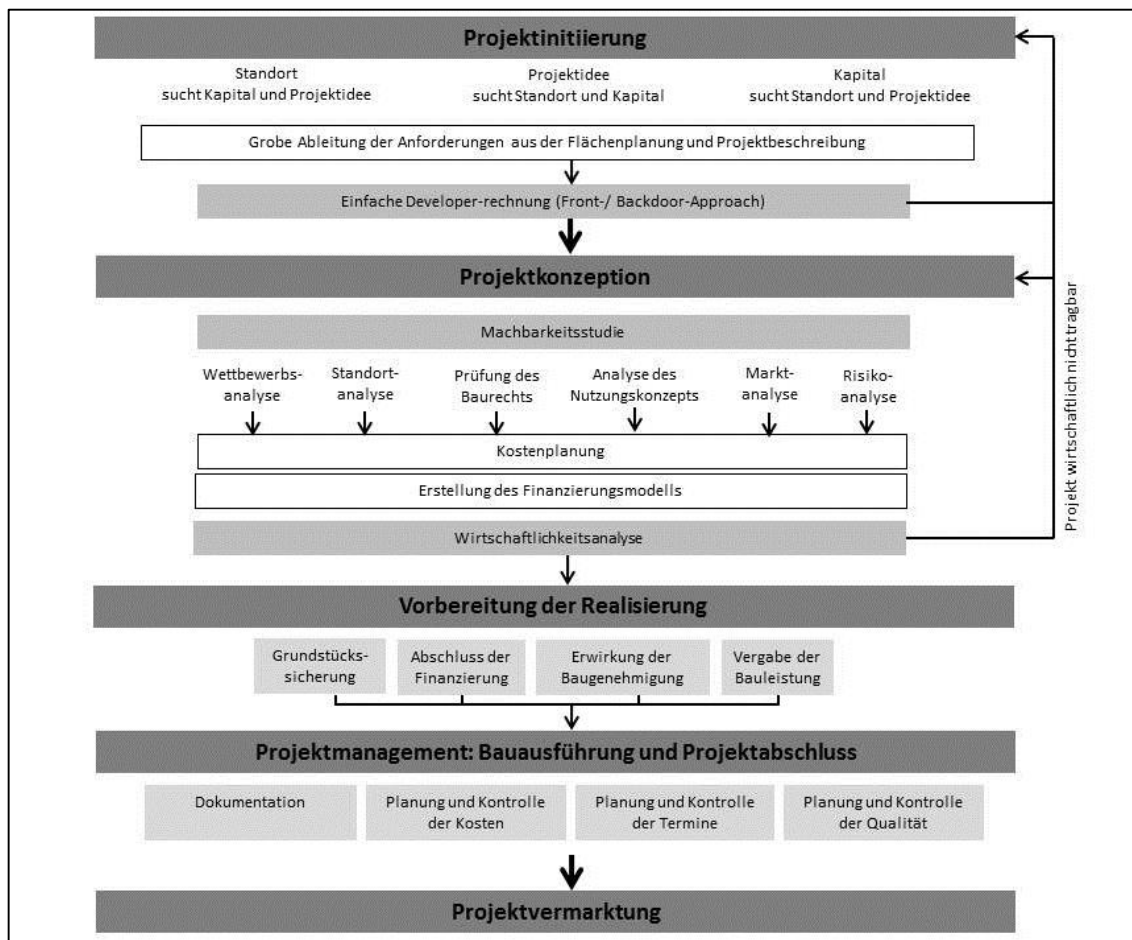


Abb. 10 Ablauf und Gegenstand der Projektentwicklung zur Baurealisierung

Diederichs beschreibt die Tätigkeiten der einzelnen Phasen. Diese sind für ein besseres Verständnis des Fachgebiets hier in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tab. 2 Ablauf Immobilienmanagement, Dederichs 1999.

Projektstufe	Servicefunktion	Projektenwicklung	Projektmanagement	Facility Management
<b>1. Projektvorbereitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechts-</li> <li>Steuerberatung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projektanstoß</li> <li>Marktrecherchen</li> <li>Projektidee</li> <li>Standortanalyse</li> <li>Klärung Baurecht</li> <li>Nutzungskonzept</li> <li>Nutzungsbedarfsprogramm</li> <li>Investitionsanalyse</li> <li>Finanzierungsalternative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenrahmen</li> <li>terminrahmen</li> </ul>	
1.1 Projektentwicklung 1.2 Grundlagenermittlung				
⇒ Planungsauftrag?	Ja	⇒ 2. Projektplanung	Nein ⇒ Ende	
<b>2. Projektplanung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechts-,</li> <li>Steuer-,</li> <li>Versicherungsberatung</li> <li>Öffentlichkeitsarbeit</li> <li>Projektbuchhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzungskonzept</li> <li>Vermarktungskonzept</li> <li>Kontakt: Nutzer/Investor</li> <li>Erschließungskonzept</li> <li>Wirtschaftlichkeitsberechnung</li> <li>Grundstücksicherung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beauftragung: Architekten, Fachplaner</li> <li>Vorplanung</li> <li>Entwurfsplanung</li> <li>Bauvorlage</li> <li>Bodengutachten</li> <li>Altlastenuntersuchung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strategisches FM</li> </ul>
⇒ Baubeginn?	Ja	⇒ 3. Auftragsvorbereitung	Nein ⇒ Ende	
<b>3. Ausführungsvorbereitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechts-,</li> <li>Steuer-,</li> <li>Versicherungsberatung</li> <li>Öffentlichkeitsarbeit</li> <li>Projektbuchhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vermietungs-,</li> <li>Verkaufsverhandlungen</li> <li>Grundstückskauf</li> <li>Finanzierungsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschaffung der Baugenehmigung</li> <li>Ausführungsplanung</li> <li>Ausschreibungsunterlagen</li> <li>Vergabeverhandlungen</li> </ul>	
3.1 Ausführungsplanung 3.2 Vorbereiten Vergaben 3.3 Vergaben				
⇒ Baubeginn?	Ja	⇒ 4. Ausführung	Nein ⇒ Ende	
<b>4. Ausführung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechts-,</li> <li>Steuer-,</li> <li>Versicherungsberatung</li> <li>Öffentlichkeitsarbeit</li> <li>Projektbuchhaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vermietungs-,</li> <li>Verkaufsverhandlungen</li> <li>Finanzierungsmittel</li> <li>Kostenprüfung</li> <li>Abschluß Miet-/Kaufverträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergaben</li> <li>Organisation Baustelle</li> <li>koordination Fachfirmen</li> <li>termine, Leistungsstand</li> <li>Qualitäten</li> <li>Abrechnung Kreditoren</li> <li>Mängelbeseitigungen</li> <li>Abnahme/Übergabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einarbeitung</li> <li>Technisches Gebäudemanagement</li> <li>Infrastrukturelles Gebäudemanagement</li> <li>Infrastrukturelles Management</li> </ul>
⇒ Nutzer vorhanden	Ja	⇒ 5. Nutzung	Nein ⇒	Vertriebsoffensive
<b>5. Nutzung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechts-,</li> <li>Steuer-,</li> <li>Versicherungsberatung</li> <li>Öffentlichkeitsarbeit</li> <li>Projektbuchhaltung</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Gewährleistungsverfolgung</li> <li>Technisches Gebäudemanagement</li> <li>Infrastrukturelles Gebäudemanagement</li> <li>Kaufmännisches Gebäudemanagement</li> <li>Informationsmanagement</li> <li>Datenauswertung</li> <li>Überprüfung</li> <li>Projekterfolg</li> </ul>
6. Weitere Nutzung?	Ja	⇒ 5. Nutzung	Nein ⇒ 7.	
7. Umwidmung?	Ja	⇒ 1. Projektvorbereitung	Nein ⇒ 8.	
8. Abriß?	Ja	⇒ 1. Projektvorbereitung	Nein ⇒	Verkauf

## 9.2.5 Integration eines Stoffpasses

Diese Phasen ergeben den Tätigkeitsbereich, der in folgender Tabelle erläutert ist. Dazu ist die Einsatzmöglichkeit eines Stoffpasses für die Dokumentation angezeigt. Ferner sind die Bereiche markiert, die Einfluss auf die Stoffzusammensetzung im Gebäude nehmen.

Tab. 3 Phasen, Anforderungen und der Einsatz eines Stoffpasses im Gebäudelebenszyklus

Phase	Task	Einflussnahme	Stoffpass als Dokument
<b>Analyse</b>	Bedarfsanalyse und eine erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung		Ausschlusskriterien zur Baukonstruktion und Rückbaubarkeit können definiert werden.
<b>Real-estate development</b>	während der Entwicklungsphase werden die aufeinander aufbauenden Planungsstufen durchlaufen, durch den Bauherrn die erforderlichen Leistungen spezifiziert sind und Angebote für die Baudurchführung eingeholt werden.	Baukonstruktive Entscheidungen	Bauunternehmen/ Handwerker/ Entsorger können über Rückbaumöglichkeiten mit einbezogen werden.
<b>Realisierung inklusive aller Nebengewerke</b>	Mit der Abnahme der Bauleistung durch den Bauherrn endet der Bauprozess.	Sind Anforderungen tatsächlich realisiert?	Qualitätsmanagement und Abnahme
<b>Inbetriebnahme des Bauwerks</b>	beginnt die Bewirtschaftungsphase, welche einerseits durch (Miet-)Einnahmen, aber auch durch betriebliche Investitionen, Instandhaltungsprozesse, Sanierungsmaßnahmen oder planmäßige Umnutzungsinvestitionen gekennzeichnet ist; dieser Phase sind die Betriebs- und Instandhaltungskosten, also die Folgekosten, zugeordnet.	Neuentscheidung für Materialien.	Im Zusammenspiel mit den Bestandsplänen, Raumbuch ein tool für Entscheidungen, die das Facility Management unterstützen.
<b>Prozess der Reife</b>	Hier ist charakteristisch, dass weitere Investitionen zur Instandhaltung unterlassen werden und sich tief greifende Veränderungen für die Bauwerksbewirtschaftung ankündigen.	Neuentscheidung für Materialien.	Unterstützt das Facility Management im Umgang mit „neuen“ oder „ökologischen“ Materialien
<b>Verwertungsphase</b>	Mögliche Szenarien sind der Abriss, die Außerbetriebnahme, die Umnutzung oder der Verkauf. Je nachdem wie diese Entscheidung ausfällt, beginnt ggf. ein neuer Bauwerkslebenszyklus oder es findet eine Fortsetzung der Phase C statt.	Nachschlagewerk	Dokumentation des Bestands als Basis für Entscheidungen über das Lebensende von Bauwerken und Materialien

## 9.3 Verantwortung der Initialen Planungsphase

### 9.3.1 Einfluss der Initialen Planungsphase auf den gesamten Gebäudelebenszyklus

Schwarz hat die Bedeutung der Immobilienentwicklung, die oft auch als Initiale Planungsphase bezeichnet wird, wie folgt erklärt. „Die Wirtschaftlichkeit und die Nachhaltigkeit von Immobilien werden maßgeblich vorbestimmt durch Überlegungen und Entscheidungen in frühen Phasen der Projektentwicklung, wenn über Nutzungen, Raumkonzepte, Baustandards usw. entschieden wird. Die Entscheidungen fallen in einem Planungs- und Bauprozess an.“ (Schwarz 2013) Verschiedene Entscheidungsträger und Disziplinen prägen diese Phase. Die „Initiale Planungsphase“ führt zu den späteren Charakteristika von Immobilien und wird als verantwortlich für später auftretende Effekte gesehen. Da in der Initialen Planungs- und Entwicklungsphase von Bauprojekten die größte Einflussnahme auf die Ausgestaltung des Projektes und den weiteren Bauprozess sowie aus nachhaltigkeitsrelevanter Sicht liegt, kann dieser Phase ein hohes Maß an Verantwortung zugeschrieben werden (Hafner 2012), (Weber-Blaschke und Faulstich 2005), (Lasvaux et al. 2014). „Die Verantwortlichkeiten sind auf viele Schultern verteilt --Bauherren, Architekten und Fachplaner, Baustoffhersteller, Baustoffhandel, bauausführende Unternehmen, Bauherren als Eigentümer und Auftraggeber tragen besondere Verantwortung“ (Weber-Blaschke und Faulstich 2005). Hier soll die geforderte Suche nach Möglichkeiten von Potential für nachhaltige Entwicklung (Busse 2012) ansetzen. Folgende Abbildung erläutert die verschiedenen Projektphasen. Als „initiale Planungsphase“ können die ersten beiden Phasen Raw Stage und Development gesehen werden. Der Zusammenhang Immobilienentwicklung und Gebäudelebenszyklus integriert stoffrelevante Entscheidungen. Dies ist in der folgenden Grafik zusammengestellt.

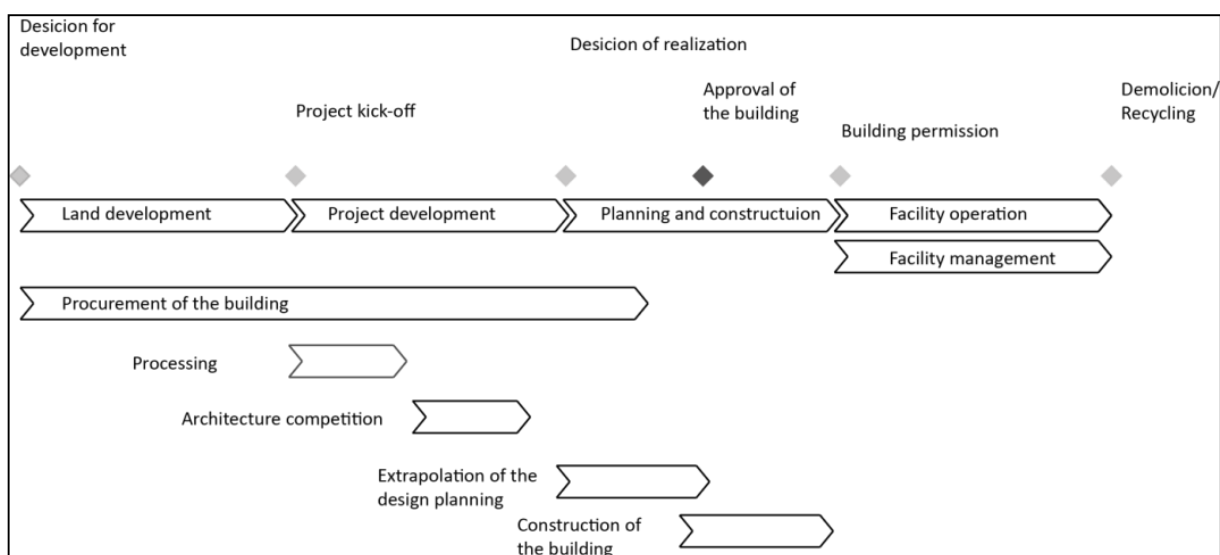


Abb. 11 Struktur des Gebäudelebenszyklus im Zusammenhang mit Immobilienentscheidungen

### 9.3.2 Produktverantwortung des Konsumenten

Nach Belz (Belz 2007) wird der Konsument in die Verantwortung einer nachhaltigen Produktgestaltung gezogen. Deswegen wird im Folgenden Teil auf die Vergabe von Bauleistungen eingegangen. „Die Preisbildung am Baumarkt wird vorrangig durch polypolistische Merkmale geprägt, da z.B. im

Wohnungsbau viele Nachfrager vielen Anbietern gegenüberstehen. Oligopole und Monopole bilden bei den Nachfragern die öffentliche Hand und Großkonzerne, bei den Anbietern die größten Bauaktiengesellschaften. Für die Preisbildung von Architekten und Ingenieuren haben nicht nur öffentliche, sondern auch gewerbliche und private Auftraggeber das Preisrecht der HOAI zu beachten. Die dem öffentlichen Auftragswesen zuzuordnenden Auftraggeber haben bei der Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen die preisrechtsrelevanten Vorschriften der Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen zu beachten. Sofern der Bauunternehmer sich dann zu einer Marktteilnahme (zu Verdingungsunterlagen, sehr unterschiedlich hinsichtlich Herkunft, Qualität und Umfang, in Nichtkenntnis seiner potentiellen Mitbewerber) entschließt, muss er die Angebotsunterlagen durcharbeiten, Erkundigungen einholen, Ortsbesichtigungen vornehmen, Überlegungen hinsichtlich der Verfügbarkeit des ggf. einzusetzenden Personals und Geräts anstellen, dabei Abgrenzungen zwischen Eigen- und Fremdleistungen vornehmen, Nachunternehmeranfragen starten und deren Ergebnisse einholen, die Eigenleistungen in Zusammenwirken von Kalkulation und Arbeitsvorbereitung vorkalkulatorisch bewerten, die zu erwartenden Risiken einschätzen sowie die Angebotsunterlagen zusammenstellen und rechtzeitig einräumen. Bei öffentlich oder ihnen gleichgestellten Auftraggebern kann der Bieter die Abwicklung des Vergabeverfahrens nach VOB/A voraussetzen. Bei gewerblichen und privaten Auftraggebern hat er durch die Angebotsabgabe lediglich die Voraussetzung für die Chance geschaffen, von diesen zu einem Gespräch eingeladen zu werden, um zu verhandeln. Nach Auftragserteilung ist die Arbeitsvorbereitung zu konkretisieren, sind Nachunternehmer vertraglich zu binden und die baustellenbezogene Betriebsabrechnung zu installieren. (...) Vertragsrecht nach VOB/B, BGB und AGB bilden die Grundlage für weitere Verhandlungen. In der stationären Industrie wird der Kaufvertrag i.d.R. vom Produzenten vorgegeben (z.B. Autokauf), bei Bauverträgen stammen die Verdingungsunterlagen i.d.R. vom Auftraggeber. Der Bauunternehmer als Produzent und Auftragnehmer muss hier die Einhaltung des AGB-Gesetzes überprüfen.“ (Diederichs 1999) (Diederichs 1999, S. 43). Nach § 25 Nr. 3 (3) VOB/A sollen nur solche Angebote in die engere Wahl kommen, die unter Berücksichtigung rationellen Baubetriebs und sparsamer Wirtschaftsführung eine einwandfreie Ausführung einschließlich Gewährleistung erwarten lassen. Unter diesen Angeboten soll der Zuschlag auf das Angebot erteilt werden, das unter der Berücksichtigung aller technischen und wirtschaftlichen, ggf. auch gestalterischen und funktionsbedingten Gesichtspunkte als das annehmbarste erscheint. Der niedrigste Angebotspreis allein ist nicht entscheidend. Gemäß § 24 Nr. 3 VOB/A sind nach der Submission Verhandlungen über Änderungen der Angebote und Preise unstatthaft.“ (Diederichs 1999, S. 12)

Tab. 4 Instrumente für die Vergabe.

Öffentliche Auftraggeber: Kommunikation über „geeignetes Medium“ (Bayr. Staatsanzeiger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VOB A/B/C (VOB A Schwellenwerte)</li> <li>• VOL Lieferleistung</li> <li>• VOF freiberufliche Leistung</li> <li>• Sektorenverordnung (Energie/Verkehr)</li> </ul>
Privatwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergaberecht nicht einhalten</li> <li>• GWB Gesetz zur Wettbewerbsbeschränkung</li> <li>• Vergabeverordnung VGV</li> <li>• Vergaberecht für private Auftraggeber</li> <li>• BGB Werkvertragsrecht</li> <li>• Bauaufträge über VOB</li> <li>• BHG kann komplett für sich entscheiden, wem der Auftrag gegeben werden soll</li> </ul>

Zur Preisbildung ist folgende Anmerkung wichtig: Über den steigenden Marktpreis wird die Ressourcenallokation verändert, das heißt die Verteilung von Rohstoffen auf die verschiedenen Wirtschaftssektoren. Der Preis spiegelt zwar die Knappheit des Gutes wider, er ignoriert aber externe Effekte wie Umweltschäden oder Arbeitsplatzverluste in den jeweiligen Einsatzbereichen. (Weber-Blaschke 2013).

## 9.4 Informationsquellen für die Initiale Planungsphase im Kontext des Lebenszyklusbegriffs

### 9.4.1 EPD Environmental Product Declaration

Geht es um eine Frage der Auswirkungen von Materialien, so gibt es neben technischen Datenblatt und Auflagen für den Bauproduktehersteller zur Selbsterklärung die Umweltproduktdeklarationen, die auf freiwilliger Basis materialrelevante Information liefern in Hinblick auf Umweltwirkungen. Folgende Abbildung erläutert die Funktionsweise von EPDs. Die Erstellung einer EPD unter Einbezug des Instituts für Bauen und Umwelt (IBU) ist hier erläutert.



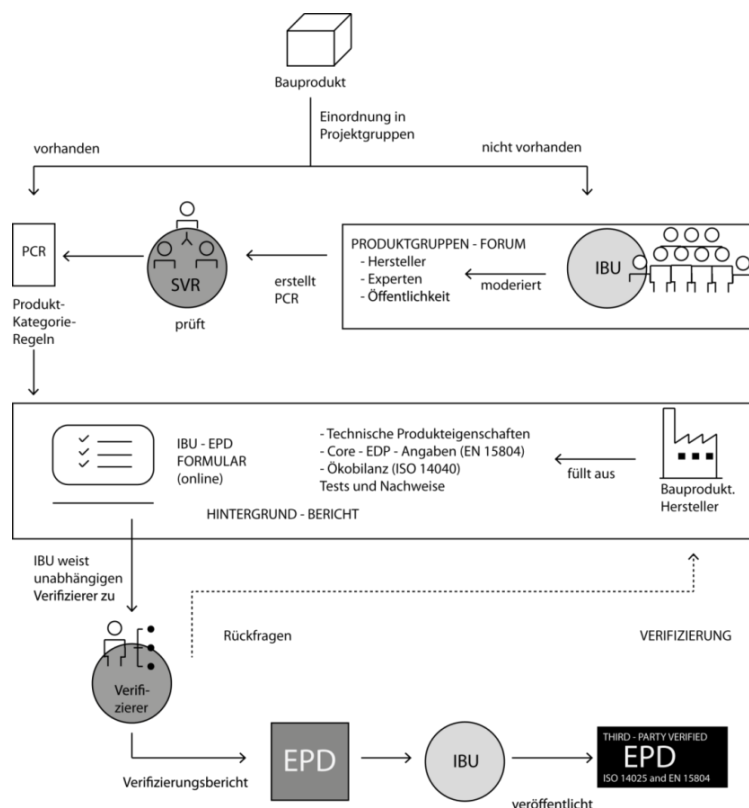


Abb. 12 Die Schritte zur EPD im Überblick, IBU 2014

### 9.4.2 Tools für umweltrelevante Information

Ebenso gibt es diverse öko-informative tools, die Ökobilanzen, Materialinformationen und Unterstützung bei diversen Zertifikaten bieten. Verschiedene Informationsquellen und Software, die Information und Entscheidung verbinden, sind derzeit am Markt. Diese sind vor allem momentan von Ökobilanzspezialisten und Softwareentwicklern in Verwendung und Weiterentwicklung. In den normalen Bauablauf sind diese noch nicht genügend in die Praxis implementiert. Folgende Abbildung zeigt eine Sammlung dieser auf:

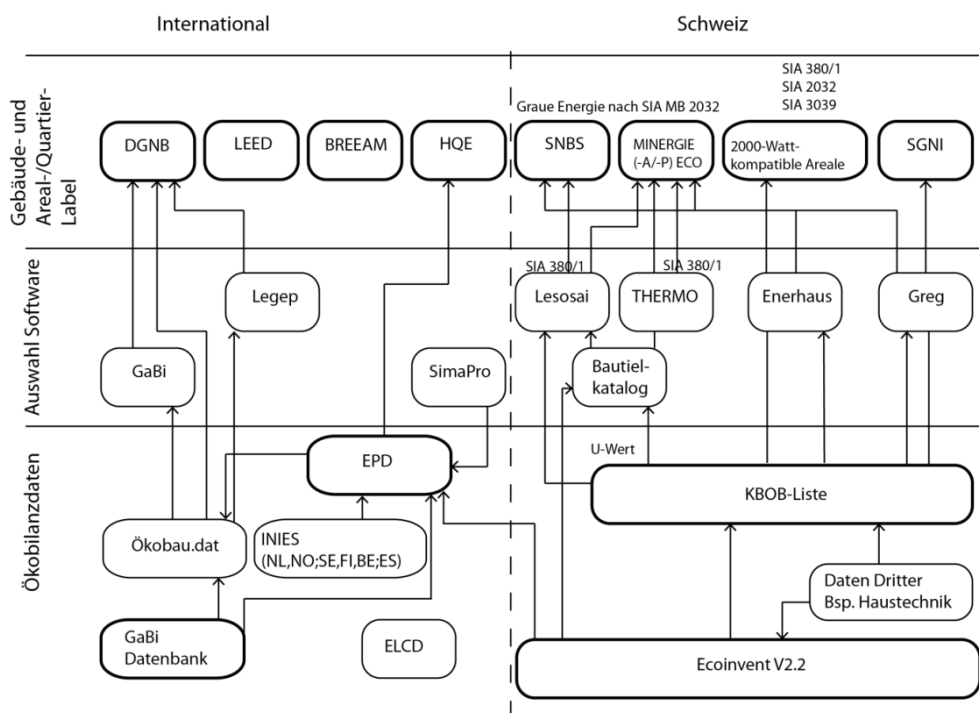


Abb. 13 Verschiedene Informationsquellen und tools zu nachhaltigkeitsrelevanter Information, intep

Immobilien sind allerdings mehr als die Summe von Bauprodukten, wenn die Einflussnahme auf nachhaltige Entwicklung betrachtet werden soll. Die Beurteilung von materialrelevanten Auswirkungen erfolgt also immer im Kontext der Immobilienentwicklungs- und Bauprozesse. Materialrelevante Fragestellungen wie beispielsweise Umweltwirkungen von Produkten müssen also im Kontext dieses Verständnisses betrachtet werden, um Entscheidungen lenken und qualitativ treffen zu können. Für die Entwicklung der Grundlagen eines Stoffpasses müssend die eventuellen Auswirkungen mit einbezogen werden. Die Informationen aus EPDs und existierenden tools reichen für die frühe Planungsphase nicht aus. Deren quantitative Informationen sind vielleicht eher zu spezifisch und mit dem Informationsgehalt der Planung nicht kongruent. Diesem Problem soll im folgenden Teil nachgegangen werden.

### 9.4.3 Möglichkeiten der Einflussnahme auf Materialentscheidungen im Gebäudelebenszyklus

Eine Einflussnahme von Investor und Planungsbeteiligten sowie ausführenden Firmen auf materialrelevante Entscheidungen ist jedoch nicht immer zu jeder Zeit im Projektverlauf möglich. Dies gilt für Baukosten wie auch materialrelevante Fragen und unterstreicht die Wichtigkeit der Initialen Planungsphase, bzw. der Immobilienentwicklung. Folgende Abbildung zeigt die Möglichkeiten der Einflussnahme am Beispiel der Baukosten im Zusammenhang mit den verschiedenen Projektphasen:

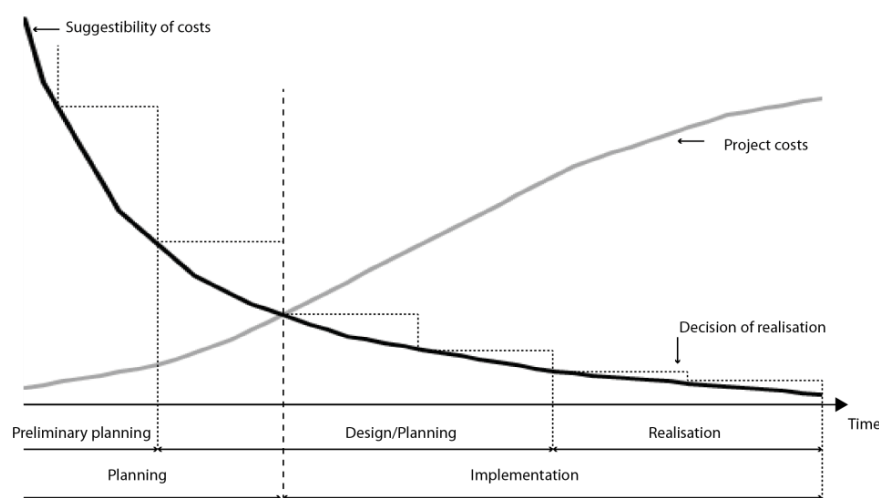


Abb. 14 Möglichkeiten der Einflussnahme in den verschiedenen Projektphasen am Beispiel Kosten, Zimmermann 2010

Die Auffassung von Gebäudelebenszyklus determiniert die verschiedene Auffassung von darin entstehenden Kosten. Die Definition von Lebenszykluskosten durch den SIA spiegelt die Sichtweise der nachhaltigkeitsrelevanten Auffassung wider. „Lebenszykluskosten nenne man die Summe aller Kosten, die ein Gebäude von der Projektentwicklung bis hin zu seinem Rückbau verursacht. Oft führt eine höhere Anfangsinvestition zu geringeren Betriebs- und Unterhaltskosten. Die Betriebskosten erreichen im ganzen Lebenszyklus ein Vielfaches der Erstellungskosten.“ Im Sinne der Nachhaltigkeit sind Kosten anzustreben, welche eine Finanzierung von Liegenschaften bis zu ihrem Rückbau sicherstellen. Es bedeutet auch, dass die Anlagen über ihre Nutzungsdauer amortisiert werden sollen, damit am Ende die Mittel zur Verfügung stehen, um das Gebäude ersetzen zu können. Externe Kosten werden vom Investor oder Nutzer eines Gebäudes ausgelöst, jedoch der Allgemeinheit angelastet. Bei Erstellung, Betrieb, Unterhalt und Rückbau von Gebäuden entstehen externe Effekte wie Luftverschmutzung, Lärm oder Sondermüll. Zum Schutz der Umwelt und aus volkswirtschaftlichen Gründen ist es sinnvoll, dass externe Kosten durch den Verursacher getragen werden. Geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten sind anzustreben. Größere Anfangsinvestitionen in der Erstellung, die beispielsweise besonders niedrige Energieverbräuche im Betrieb bewirken, zahlen sich meist für den Investor aus. Die Wahl von unterhaltsfreundlichen Materialien lohnt sich. Gebäude müssen instandgesetzt werden, wenn Mängel auftreten und die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit nicht mehr gewährleistet ist. Die Qualität und die Lebensdauer der einzelnen Bauteile sind auf die Nutzungsdauer abzustimmen. Durch Zugänglichkeit und einfache Ersetzbarkeit wird erreicht, dass sich die Instandsetzung mit geringem Aufwand durchführen lässt.“ (SIA 2004)

#### 9.4.4 Materialinformation für umweltwissenschaftliche Dokumentation

Der Gebäudelebenszyklus gliedert sich entsprechend CEN TC 350 in Bauprodukt, Konstruktionsprozess, Nutzungsphase und Lebensende. Damit unterscheidet sich die Sicht aus dem Bereich des nachhaltigen Bauens von dem gängigen immobilienökonomischen Ansatz, der nur im Bereich des Bestandhalters ein ähnliches Bild vom Gebäudelebenszyklus innehat. Materialrelevante Information muss über die Nutzungsphase hinaus in die End-of-life Phase des Gebäudes gebracht werden.

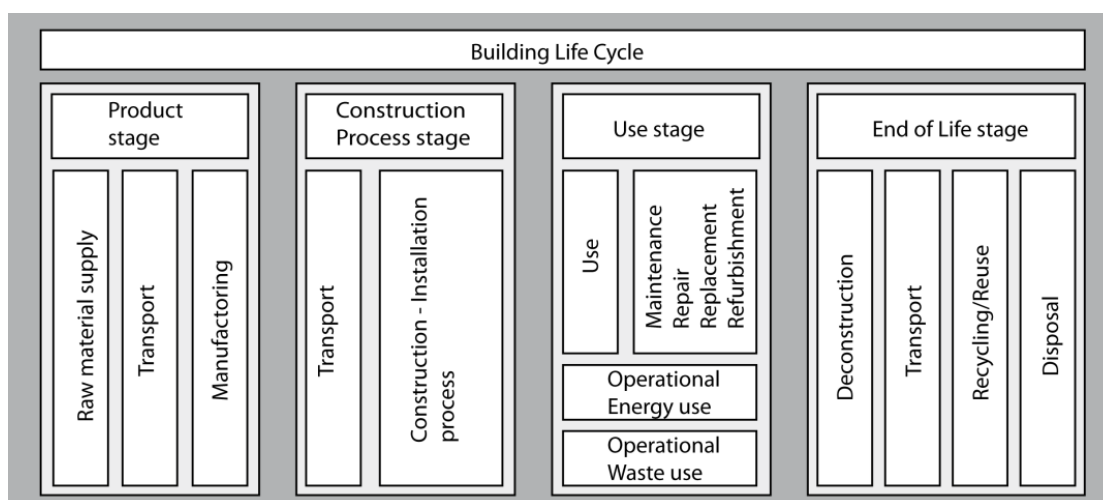


Abb. 15 Lebenszyklus einer Immobilie entsprechend der Auffassung von CEN/ TC 350, Hardziejewski 2012

Die Entscheidungsprozesse der initialen Phase und deren Informationsbedarf kann mit folgender Grafik illustriert werden. Materialrelevante Information zieht sich auf Basis der Kostenplanung von der Investment-Entscheidung über die Planung, Budgetplanung, Ausschreibung, Massen- und Preisermittlung, Konstruktionsphase, Gewährleistung hinweg, resultiert in Bauqualität und Baukultur und prägt schlussendlich das Unternehmensprofil.

Dokumentation von materialrelevanter Information ist im Bereich der sozialen Kriterien für nachhaltige Entwicklung durch folgende Verbindungen gewährleistet, wie in der Tabelle angegeben.

Tab. 5 Soziale Kategorie "Herkunft der Materialien", DIN EN 16309:2014

Gegenstand	Bedeutung
Rechtsgültiger Nachweis zur Herstellung der Materialien	Dokumentierte Herkunft der Rohmaterialien vom Ort der Förderung oder Ernte einschließlich Verarbeitung und Transport (Handelsrouten)
	Dokumentierter Produkteinbau und Prozessautorisierung (Lizenzen)
Sicherheitsniveau vom Beginn bis Ende der Materialproduktion	dokumentierte Implementierung eines Gesundheits- und Managementsystems (z.B. BS OHSAS 1881)
Nachweis der Erfüllung der gesellschaftlichen Verantwortung z.B. IAO-Übereinkommen (Übereinkommen der Internationalen Arbeitsorganisation),	Dokumentierter Nachweis zur rechtlichen Lage der eigenen Arbeitnehmer und des Personals der Unterauftragnehmer
Rückverfolgbarkeit	Dokumentierte soziale Bedingungen am Arbeitsplatz; ISO 26000 bezogen auf die Personalwirtschaft
	Dokumentierte Managementverfahren zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit der bereitgestellten Materialien und der jeweiligen Merkmale
Qualitätsmanagement	Dokumentierte Implementierung von Qualitätsmanagementsystemen (z.B. EN ISO 9001) oder gleichwertig und werkseigener Produktionskontrolle
Umweltmanagement	Dokumentierte Implementierung von Umweltmanagementsystemen (z.B. nach EN ISO 14001) oder gleichwertig

## 9.5 Nachhaltige Entwicklung und Immobilieninvestitionen

### 9.5.1 Materialfragen für nachhaltigen Konsum

Die Einflussnahme der Materialfragen gewinnt an Bedeutung, auch für die Immobilienwirtschaft. Zwar bleibt die Tatsache bestehen, dass der Standort der wichtigste Faktor für den ökonomischen Wert und damit letztlich die einflussreiche Größe bei Immobilienentscheidungen darstellt, wie der SIA erklärt: „Der Standort eines Gebäudes ist der wichtigste Faktor der ökonomischen Gebäudebewertung.“ (SIA 2004). Dennoch gewinnt das Gebiet des nachhaltigen Konsums an Einfluss, der schlussendlich Materialentscheidungen trifft, wie Belz vorschlägt. „Weitgehende Einigkeit besteht darüber, dass die Konsum- und Produktionsmuster, insbesondere in den Industrieländern, nicht nachhaltig sind. Daraus lässt sich folgern, dass Industrieländer eine Vorreiterrolle bei der Veränderung dieser Konsum- und Produktionsmuster im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung übernehmen sollen. Die Idee der Vorreiterrolle besteht darin, das Spannungsfeld zwischen den Forderungen nach mehr auf der einen und weniger Konsum auf der anderen Seite im Sinne eines nachhaltigen Konsums aufzulösen. Der Konsum soll in den Bereichen zunehmen, die den Ressourcenverbrauch eingrenzen und den gleichen oder einen besseren Lebensstandard ermöglichen. Damit werden die widersprüchlichen, an die Konsumenten gestellten Forderungen salomonisch aufgelöst. Es soll nicht verzichtet aber so konsumiert werden, dass andere Generationen auch noch konsumieren können.“ (Belz 2007, S. 16). Trotzdem - die Berücksichtigung von ökologischen und sozialen Aspekten beim Konsumverhalten spielt für viele Menschen in der sozialen Ober- und Mittelschicht eine Rolle.

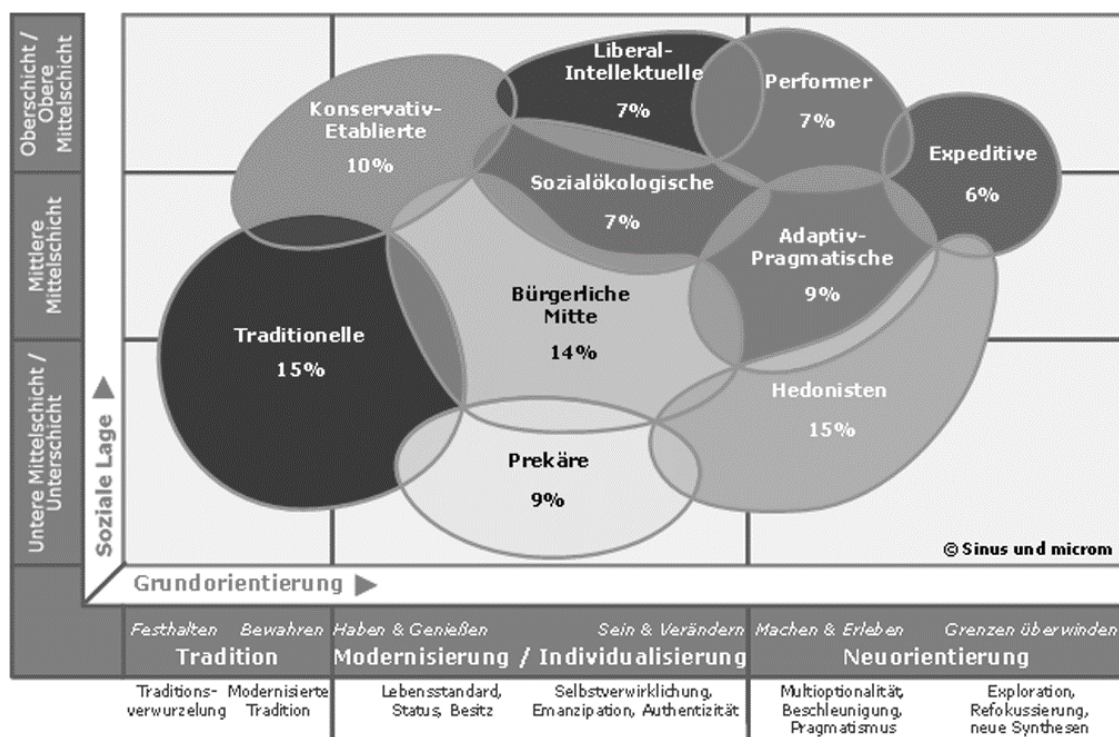


Abb. 16 Sinus-Milieus, sinus institut 2015

Besonders konsequent verhalten sich hier die Mitglieder des Sozialökologischen Milieus, welche die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt bei Konsumententscheidungen strategisch mitbedenken. Des Weiteren

ist Liberal-Intellektuellen, zum Teil auch konservativ-Etablierten, Performern und Expeditiven, der nachhaltige Konsum überdurchschnittlich wichtig, wobei hier häufig auch andere Aspekte (Gesundheit, Verantwortung, Qualitätsbewusstsein, Prestige etc.) handlungsentscheidend sind. Die eigene Gesundheit ist vor allem Liberal-intellektuellen und Performern wichtig. Diese beiden Milieus sind beruflich stark eingespannt. Die Pflege der eigenen Gesundheit bedeutet also auch die Übernahme von Verantwortung, um beruflich langfristig Leistung erbringen zu können. Im Liberal-intellektuellen Milieu gehört die starke Sensibilisierung für Gesundheitsfragen zudem zu ihrem ganzheitlichen Lebenskonzept. Im Traditionellen Milieu ist die ausgeprägte Gesundheitsorientierung auf ihr vorangeschrittenes Alter zurückzuführen. Die Naturverbundenheit ist im Sozialökologischen Milieu, im Liberal-intellektuellen Milieu und im Traditionellen Milieu besonders stark ausgeprägt. Ähnliche Schwerpunkte sind bei anspruchsvoller Wohnästhetik vorzufinden: vor allem Liberal-Intellektuelle, Performer und Traditionelle wissen natürliche Baumaterialien und Wohnungseinrichtung zu schätzen. Relevante Kernzielgruppen sind also das Liberal-intellektuelle Milieu, die Performer, das expeditiv Milieu sowie das Sozialökologische Milieu. (Sinus Institut 2012).

### **9.5.2 Materialfragen, Bewertung und Investitionen**

Ebenso stellt die Arbeit von Meins (Meins 2012) einen Einfluss auf die Investitionsqualität von nachhaltigkeitsrelevanter Information fest. Materialfragen sind hier jedoch ebenfalls von untergeordneter Wichtigkeit, wie folgender Auszug aus dem Bewertungsschema zeigt.

Tab. 6 Übersicht über ESI Teilindikatoren nach Nutzungstyp, Meins 2012

N.-merkmale	Teilindikatoren	Büro	Verkauf	MFH
1. Flexibilität und Polyvalenz	<b>1.1 Nutzungsflexibilität</b>			
	1.1.1 Raumeinteilung	x	x	x
	1.1.2 Geschosshöhe	x	x	x
	1.1.3 Zugänglichkeit Kabel/Leitungen/Haustechnik	x	x	x
	1.1.4 Reservekapazität Kabel/Leitungen/Haustechnik	x	x	x
	<b>1.2 Nutzerflexibilität</b>			
	1.2.1 Vorhandensein (rollstuhlgängiger Lift für alle Stockwerke sofern mehrgeschossig	x	x	x
	1.2.2 Überwindbare Höhendifferenzen innen und außen	x	x	x
	1.2.3 Genügend breite Türen	x	x	x
	1.2.4 Genügend breite Korridore	x	x	x
	1.2.5 Sanitärräume rollstuhlgängig	x	x	x
	1.2.6 Flexibilität Grundriss Küche	-	-	x
	1.2.7 Abstellplatz für Gehhilfe/Kinderwagen	-	-	x
1.2.8 Nutzbarkeit Außenraum	-	-	x	
2. Ressourcenverbrauch und Treibhausgas	<b>2.1 Energie und Treibhausgase</b>			
	2.1.1 Energiebedarf			
	2.1.1.1 Heizwärmebedarf in MJ/m <sup>2</sup> a	x	x	x
	2.1.1.2 Kühlbedarf	x	x	x
	2.1.2 Nutzung erneuerbarer Energie			
	2.1.2.1 Zur Deckung des Wärmebedarf	x	x	x
	2.1.2.2 Zur Deckung des Strombedarfs	x	x	x
	<b>2.2 Wasser</b>			
	2.2.1 Wasserverbrauch	x	x	x
	2.2.2 Niederschlagsentwässerung	x	x	x
	2.2.3 Regenwassernutzung	x	x	x
<b>2.3 Baumaterialien</b>				
2.3.1 Rezyklierbarkeit Baumaterialien	x	x	x	
3. Standort und Mobilität	<b>3.1 Öffentlicher Verkehr</b>			
	3.1.1 Öffentlicher Verkehr	x	x	x
	3.2 Nicht modernisierter Verkehr			
	3.2.1 Veloabstellplätze	x	x	x
	<b>3.3 Standort</b>			
	3.3.1 Distanz lokales regionales Zentrum	x	-	x
	3.3.2 Distanz Einkaufsmöglichkeiten tägl. Bedarfs	x	-	x
3.3.3 Distanz Naherholungs Grünanlagen	x	x	x	
3.3.4 Prestige-Lage	x	x	x	
4. Sicherheit	<b>4.1 Lage hinsichtlich Naturgefahren</b>			
	4.1.1 Lage Hinsichtlich Naturgefahren (zunehmende Hochwasser-, Lawinen, eErdrutsch- und	x	x	x
	<b>4.2 Bauliche Sicherheitsvorkehrungen</b>			
	4.2.1 Objektbezogene Sicherheitsvorkehrungen			
	4.2.1.1 Objektbezogene Sicherheitsvorkehrungen bzgl. Hochwasser	x	x	x
	4.2.1.2 Objektbezogene Sicherheitsvorkehrungen bzgl. Erdbeben	x	x	x
	4.2.2 Personenbezogene Sicherheitsvorkehrungen			
4.2.2.1 Beleuchtung / Belichtung	x	x	x	
4.2.2.2 Brandschutz	x	x	x	
5. Gesundheit und Komfort	<b>5.1 Gesundheit und Komfort</b>			
	5.1.1 Raumqualität			
	5.1.2 Lärmbelastung			
	5.1.2.1 Außenlärm			
	5.1.2.2 Innenlärm Luftschall			
	5.1.2.3 Innenlärm Trittschall			
	5.1.2.4 Innenlärm Geräusche haustechnischer Anlagen und fester Einrichtungen im Gebäude			
	5.1.3 Tageslichtanteile			
	5.1.4 Belastung durch Strahlung			
	5.1.4.1 Elektromagnetische Felder Mobilfunk			
	5.1.4.2 Elektromagnetische Felder Stromerzeugungsnetz	x	x	x
	5.1.4.3 Radon	x	x	x
	5.1.5 Baumaterialien			
5.1.5.1 Ökologische Baumaterialien bei Neubauten	x	x	x	
5.1.5.2 Gesundheitsschädigende Materialien bei Altbauten	x	x	x	
5.1.6 Altlasten	x	x	x	

Eine ähnliche Werthaltung zeigt das Bewertungssystem für nachhaltiges Bauen (BNB 2009):



Tab. 7 Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) 2009: Gewichtung und Bedeutungsfaktoren, BMVBS 2009

Nachhaltigkeitskriterien	Gewichtung Einzelkriterien Gesamtbewertung	Bedeutungs- faktor	Gewichtung Hauptkriterien- Gruppen Gesamtbewertung
<b>Ökologische Qualität</b>			22,50%
Wirkungen auf die globale Umwelt			
1.1.1 Treibhauspotential (GWP)	3,375	3	
1.1.2 Ozonschichtzerörungspotential (ODP)	1,125	1	
1.1.3 Ozonbildungspotential (POCP)	1,125	1	
1.1.4 Versauerungspotential (AP)	1,125	1	
1.1.5 Überdüngungspotential (EP)	1,125	1	
1.1.6 Risiken für die lokale Umwelt	3,375	3	
1.1.7 Nachhaltige Materialgewinnung / Holz	1,125	1	
Ressourceninanspruchnahme			
1.2.1 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar ( $Pe_{nre}$ )	3,375	3	
1.2.2 Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergiebedarf ( $Pe_{re}$ )	2,250	2	
1.2.3 Trinkwasserverbrauch und Abwasseraufkommen	2,250	2	
1.2.4 Flächeninanspruchnahme	2,250	2	
<b>Ökonomische Qualität</b>			22,50%
Lebenszykluskosten			
2.1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	13,500	3	
Werterwicklung			
2.2.1 Drittverwendungsfähigkeit	9,000	2	
<b>Soziokulturelle und funktionale Qualität</b>			22,50%
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit			
3.1.1 Thermischer Komfort im Winter	1,607	2	
3.1.2 Thermischer Komfort im Sommer	2,411	3	
3.1.3 Innenraumlufthygiene	2,411	3	
3.1.4 Akustischer Komfort	0,804	1	
3.1.5 Visueller Komfort	2,411	3	
3.1.6 Einflussnahme des Nutzers	1,607	2	
3.1.7 Aufenthaltsmerkmale im Außenraum	0,804	1	
3.1.8 Sicherheit und Störfallrisiken	0,804	1	
Funktionalität			
3.2.1 Barrierefreiheit	1,607	2	
3.2.2 Flächeneffizienz	0,804	1	
3.2.3 Umnutzungsfähigkeit	1,607	2	
3.2.4 Zugänglichkeit	1,607	2	
3.2.5 Fahrradkomfort	0,804	1	
Sicherung der Gestaltungsqualität			
3.3.1 Planungswettbewerb	2,411	3	
3.3.2 Kunst am Bau	0,804	1	
<b>Technische Qualität</b>			22,50%
Qualität der technischen Ausführung			
4.1.1 Schallschutz	7,500	2	
4.1.2 Wärme- und Tauwasserschutz	7,500	2	
4.1.3 Reinigungs- und Instandhaltung	7,500	2	
Prozessqualität			
Qualität der Planung			
5.1.1 Projektvorbereitung	1,304	3	
5.1.2 Integrale Planung	1,304	3	
5.1.3 Optimierung und Komplexität der Planung	1,304	3	
5.1.4 Ausschreibung und Vergabe	0,870	2	
5.1.5 Voraussetzung für eine optimale Bewirtschaftung	0,870	2	
Qualität der Bauausführung			
5.2.1 Systematische Inbetriebnahme	0,870	2	
5.2.2 Präqualifikation der ausführenden Firmen	0,870	2	
5.2.3 Qualitätssicherung der Bauausführung	1,304	3	
5.2.4 Systematische Inbetriebnahme	1,304	3	
<b>Standortmerkmale</b>			0,00%
Standortmerkmale			
6.1.1 Risiken am Mikrostandort	-	2	
6.1.2 Verhältnisse am Mikrostandort	-	2	
6.1.3 Quartiersmerkmale	-	2	
6.1.4 Verkehrsanbindung	-	3	
6.1.5 Nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen	-	2	
6.1.6 Anliegende Medien/Erschließung	-	2	

Um den Werterhalt von Gebäuden zu gewährleisten, ist die Qualität der Bauteile auf die Nutzungsdauer des Gebäudes und auf die Bedürfnisse des Nutzers abzustimmen. Außerdem muss, um den Gebäudewert in einer vordefinierten Bandbreite sicherzustellen, sowohl ein fachgerechter Betrieb und Unterhalt als auch eine auf die Nutzungsbedürfnisse und Nutzungsdauer abgestimmte Instandsetzung garantiert sein. Zudem muss sich das Gebäude innerhalb seiner eigenen Lebensdauer amortisieren. Für eine langfristig gesicherte Rentabilität müssen sowohl die Werterhaltung als auch der Ertragsüberschuss berücksichtigt werden. Vor allem müssen bei einer wirtschaftlich nachhaltigen Bauweise die Kosten über die gesamte Lebensdauer optimiert werden, was zu höheren Investitionskosten und daraus resultierenden niedrigeren Betriebs- und Unterhaltskosten führen kann. Das heißt, dass ein Gebäude nicht nur mit Blick auf die Investitionskosten, sondern auch hinsichtlich der Lebenszykluskosten von der Erstellung bis hin zum Rückbau geplant werden muss. Dabei müssen sowohl die Qualität der Bausubstanz als auch der Betrieb und Unterhalt eines Gebäudes auf die Nutzungsart und Nutzungsdauer abgestimmt sein. Somit kann mit wirtschaftlich nachhaltigem Bauen eine langfristig attraktive und sichere Rendite erzielt werden.

Wertermittlung und Risikomanagement sind wichtige Eckpfeiler der Immobilienökonomischen Entscheidungen, auf deren Basis die Entscheidung für oder gegen eine Baumaßnahme getroffen wird.

„Prinzipiell lassen sich Nachhaltigkeitsaspekte bei Anwendung des Vergleichswertverfahrens über eine Anpassung der beobachteten Vergleichspreise berücksichtigen. Zwingende Voraussetzung für eine Anpassung der beobachteten Vergleichspreise ist jedoch, dass Informationen über die nachhaltigkeitsbezogenen Gebäudeeigenschaften und -merkmale sowohl für das Bewertungsobjekt als auch für die Vergleichsobjekte vorliegen“ (CCRS 2011).

Vergleichswertverfahren:

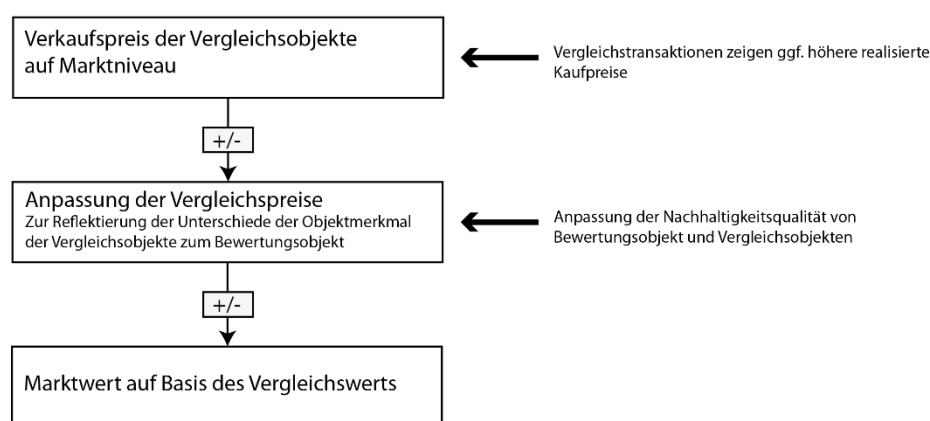


Abb. 17 Parameter des Vergleichswertverfahrens, CCRS 2011 nach Leopoldsberger 2010

Ungeachtet der konzeptionellen und praktischen Schwierigkeiten bei der Ermittlung von Marktwerten mithilfe des Sachwertverfahrens, bietet das Verfahren zahlreiche Möglichkeiten zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in die Wertermittlung. Die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten kann erfolgen bei (CCRS 2011):

- der Ermittlung der Wiederbeschaffungskosten,
- der Festlegung der Gesamt- und Restnutzungsdauer der Immobilie,

- der Bestimmung der Wertminderung aufgrund Instandhaltungsstaus (z. B. Nachrüstkosten zur Erreichung eines durchschnittlichen, energetischen Niveaus),
- der Bestimmung von Zu- oder Abschlägen bzw. des Marktanpassungsfaktors zur Anpassung des Sachwertes an die Lage auf dem Grundstücksmarkt (z. B. Zuschlag aufgrund höherer Marktakzeptanz nachhaltiger Immobilien) und
- der Bestimmung der Wertminderung/Werterhöhung aufgrund sonstiger Wert beeinflussender Umstände bzw. besonderer objektspezifischer Grundstücksmerkmale

### **9.5.3 Materialrelevante Risiken aus Unternehmenssicht**

Investitionsentscheidungen sind immer risikobehaftet. Die Höhe der Erträge und Kosten sowie die Risiken der Wertentwicklung sind je nach Immobilie grösser oder kleiner. Daraus ergibt sich aus Investorensicht ein klarer Nachhaltigkeitsbegriff: Eine Immobilie ist nachhaltig, wenn sie zukunftsfähig ist, sprich ein geringes Risiko hat, langfristig an Wert zu verlieren. (Meins 2013, S. 23). Als materialrelevante Risiken können aus Sicht eines Immobilienunternehmens folgende festgehalten werden, die für eine stabile Versorgung mit Rohmaterialien nötig sind:

- Supply chain Risiko,
- Umweltgesetze als Risiko,
- Verbraucherschutz als Risiko.

Das Produktprofil eines Unternehmens prägt dessen CSR- Performance entscheidend. Insofern stellt sich die Frage nach dem Investor für Immobilien, die zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. „Zumindest in Spitzenlagen vieler Metropolen könnten Nachhaltige Neuentwicklungen 2015-2018 Marktstandard sein. Hinsichtlich Zertifizierungssysteme präferieren Projektentwickler i.d.R. solche Systeme, die ihnen einen gewissen Entscheidungsspielraum lassen. Zu strikte Vorgaben führen u.U. dazu, dass die Marktführer ihre Wettbewerbsvorteile nicht voll ausschöpfen können.“ (Rottke 2010). "Verantwortungsvolles Immobilieninvestment bedeutet, die positiven Effekte zu maximieren und die negativen Effekte auf Gesellschaft und Umwelt von Immobilieneigentum zu minimieren, ebenso von Immobilienmanagement und Entwicklung, konform den Unternehmenszielen und Verantwortlichkeiten.“ (Schwarz et al. 2013)

## **10 Ressourcenrelevante Aspekte von Konstruktionen**

Die Bearbeitung dieses Kapitels lag bei Dipl.-Ing. M.A. Stephan Ott, Lehrstuhl Holzbau und Baukonstruktion.

### **10.1 Konstruktionen - Einwirkungen auf und Anforderungen an Ressourcenfragen**

Vor dem Hintergrund der Förderung nachhaltiger Entwicklung in der Immobilienwirtschaft werden nachfolgende Ansätze aus den Politikfeld der Ressourceneffizienzpolitik mit den konkreten, praktischen Aufgaben der Bauplanung und –realisierung verknüpft. Daraus werden die Bedingungen für die Steigerung Ressourceneffizienz und ein planerisches Vorgehen abgeleitet und diese gegen die teilweise stattfindende Praxis der Nachhaltigkeitsbewertung abgegrenzt.

Trotz ihrer langen Lebensdauer müssen gegenwärtig und auch zukünftig Gebäude und Bauwerke rückgebaut oder umgebaut werden. Die dabei anfallenden Materialien wurden mit viel Rohstoff- und Energieaufwand erzeugt. Damit Gebäude und ganze Bauteile möglichst hochwertig weitergenutzt werden benötigt es eine a) gute Identifizierbarkeit sowie eine b) einfache Trennbarkeit und c) Schadstoffunbedenklichkeit der enthaltenen Stoffe. Insbesondere historische Bausubstanz hat aufgrund der Einfachheit der Konstruktion und der geringen Stoffvielfalt sehr gute Voraussetzungen. Zeitgenössische Bauten stellen oft das Gegenteil dar. Die vorgenannten Bedingungen zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft und dem Schließen der Beschaffungs-/Versorgungskette müssen deshalb bei der Neuplanung von Gebäuden und Bauteilen berücksichtigt werden. Das Potential zur hochwertigen, zirkulären Wertschöpfungskette besteht beim Bausektor mit seinen immensen Ressourcenströmen definitiv. Genannte seien hier nur einzelne Beispiele aus dem Automobil-, Medizintechnik und dem Büromöbelbereich, die unter dem Stichwort Remanufacturing (dt. Wiederaufbereitung), wirtschaftlich erfolgreiche Geschäftsmodelle zeigen.

#### **10.1.1 Ressourceneffizienzpolitik**

Ressourceneffizienz wird konkret, wenn sie anhand der verarbeiteten Konstruktionen mit stoffbezogenen Messgrößen versehen wird und damit Aussagen zu den Einsatzbereichen von Stoffen möglich werden.

Darüber stehen allerdings grundlegende Ziele auf politischer Ebene, die bei der Erhöhung der Effizienz im konstruktiven Bereich zu berücksichtigen sind.

Die bereits bei der Beschreibung der Ausgangslage genannten Dematerialisierungsstrategien bedürfen konkreter Ansatzpunkte der Stoffreduktion und dürfen nicht hinter den Umweltwirkungen versteckt werden. Grundsätzlich und vereinfacht gesprochen ist die Dematerialisierung auch mit einer Reduzierung der Umweltbelastung verbunden, vorausgesetzt man ändert den Masseparameter und führt nicht gleichzeitig Stoffsubstitution durch. Der Vergleich der Umweltwirkungen ist allerdings nicht obsolet, sondern muss in einem zweiten Schritt gezielt besonders negativ wirkende Stoffe identifizieren, damit diese ebenfalls dematerialisiert und gegebenenfalls substituiert werden können.

#### **10.1.2 Ressourceneffizienz im Kontext Konstruktion von Bauwerken**

Konkret lässt sich aus dem nachfolgenden Zitat des Staatssekretärsausschuss ablesen, welche Forderungen auf politischer Ebene konkrete gestellt werden, wohin die Entwicklung der Ressourceneffizienz

im Bauwesen gehen soll und welche Messgrößen benötigt werden, um die Ressourceneffizienz bewerten zu können.

„[Der Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung] ... hält es insbesondere im Bausektor für zielführend, **Verfügbarkeit** und **Umweltrelevanz** von benötigten Ressourcen, den erreichten **Nachhaltigkeitsnutzen** (z.B. energetische Sanierung) sowie die technologischen **Innovationen** bei der Produktentwicklung und Entwurfsplanung **in zusätzlichen Indikatoren zur Bewertung der Ressourceneffizienz abzubilden**“. (SNE 2012)

Neben den hohen Anforderungen an die Verringerung des Energieverbrauchs in der Betriebsphase tritt die Lebensdauer, Herstellungs- und Lebensendphase von Gebäuden verstärkt in den Focus der Aufmerksamkeit und Lebenszyklusdebatte. An dieser Stelle kann vor allem über die Menge, Art, die Herkunft und Wertschöpfungskette der verwendeten Stoffe, insbesondere nachwachsender Rohstoffe, ein wesentlicher Beitrag zur Umweltentlastung geleistet werden. Ebenso wird die Ressourceneffizienz hinsichtlich Weiter- und Wiedernutzung entscheidend gesteuert. Dies gilt für alle Ressourcen, die recyclingfähig sind.

„Das Nutzerverhalten kann positiv beeinflusst, aber nur in Grenzen vorherbestimmt werden, wobei auch Fehlnutzung eine Rolle spielen kann. Gleiches gilt für das Entsorgungsverhalten und damit die Inanspruchnahme von Recyclingoptionen. Ebenso können künftige Recyclingtechnologien zum Zeitpunkt der Produktentwicklung nur eingeschränkt vorhergesehen werden. Dies gilt verstärkt für Recyclingtechnologien in globalen Märkten. Produkt-Service-Systeme erhöhen die Einflussmöglichkeit des Herstellers deutlich.“ (E VDI 4800-1:2014, S. 10).

### 10.1.3 Abgrenzung zur Nachhaltigkeitsbewertung

Die meisten der aktuellen Nachhaltigkeitsbewertungssysteme für Gebäude verwenden die Ökobilanz zur Beschreibung der Umweltwirkungen in der Herstellungsphase des Lebenszyklus.

Zu Stellung, Zielen, Instrumenten und Kritik an Lebenszyklusanalyse hier die allgemeine Definition; die attributional life cycle analysis (ALCA), wie sie in den aktuellen Standards DIN EN 15804 und DIN EN 15978 festgehalten ist, ist eine Input-Output Analyse. Sämtliche im System erfassten Stoff- und Energieströme werden ausgewiesen und müssen an den Systemgrenzen eine Nullsumme ergeben. Die ALCA ist ein top-level Werkzeug, das es ermöglicht ganze Gebäude, das Bauwerk ist hier als Produkt zu verstehen, oder einzelne (Bau-) Produkte, aber auch Dienstleistungen in vergleichbarer Weise zu analysieren und Aussagen über ihre Umweltwirkungen zu machen. Im Wesentlichen verfolgt die ALCA die Ermittlung der Umweltwirkungen für ein bestimmtes Produkt in einem klar abgegrenzten Systemrahmen. Die Instrumente basieren auf einer detaillierten Analyse der Prozesse, in der Regel auch einer Stoffstromanalyse und der weiteren Verarbeitung des Inventars bis zu den vorher definierten Grenzen des Systems. Insofern ist der Stoffpass eine Stufe einer ALCA, nämlich die der Stoffstrombeschreibung.

#### Kritik an Ökobilanz

Die Kritik an Ökobilanz betrifft nicht die Methodik als solches sondern als wesentlichstes ökologisch orientiertes Steuerungsinstrument neben der Bilanzierung der Betriebsenergie. Wie die Nutzbarkeit der Ökobilanzdaten während der Planung fraglich ist, da nur beschränkte Gültigkeit erreichbar bis zur finalen Ausführung erzielbar ist, so ist auch die Kommunikation der Ergebnisse einer Ökobilanz fragwürdig. Denn es werden Produkte in der Regel isoliert betrachtet damit entspricht dies nicht dem Ansatz des umfassenden Lebenszyklusgedanken. Denn Baustoffe machen in der Regel eine oder mehrere Zwischenstufe durch, bevor sie im Bauteil mit dem sie im Gebäude eingebaut sind oder mit letzterem verbunden sind. Diese Verbindung durch die Einbausituation ist für den Rückbau essentiell von Bedeutung da der Rückbau Konsequenzen für die weiteren Entsorgungswege (Wiederverwertung, Thermische Verwertung, Recycling, Deponie) hat.

### 10.1.4 Stofflager Gebäude und Stadt

In einer kurzen, allgemeinen Einführung soll das Gedankenmodell und die Bedeutung des Stofflagers Gebäude und Stadt erläutert werden. Damit werden auch die verschiedenen materiellen Bereiche, die mit dem Stofflager in Zusammenhang stehen erläutert. Momentan ist das Vorgehen an der Hierarchie auf systemischer, räumlicher und materieller Ebene orientiert. Die drei Bereiche werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

*Tab. 8 Kategorisierung des Stofflagers*

Systemisch	Biosphäre vs. Technosphäre (systemisch, Quelle & Senke, Überführung in idealisierten Kreislauf)
Räumlich	Abbauort vs. Stadt vs. Projekt / Immobilie / Bauwerk (räumlich...)
Materiell	Rohstoff vs. Primärstoffe vs. Sekundärstoffe (materiell,...)

Das Makrostofflager steht für die über das Einzelbauwerk hinausgehenden Bereiche und beginnt beim Stadtteil geht weiter zur Stadt bzw. Kommune und deren regionalen Einzugsbereich bis zum nationalen Niveau auf Länder- und Bundesebene. Diese Gliederung ist an den Verwaltungsebenen orientiert, da hier die notwendigen Statistiken und Kennzahlen vorliegen, die zur Berechnung und Bewertung der Stofflager ausgeschöpft werden können. Damit wird dem Politikziel der Steigerung der Rohstoffproduktivität durch Messung und Kontrolle bestimmter Indikatoren Rechnung getragen.

Ein Mikrostofflager bezieht sich auf ein Gebäude oder eine Gebäudegruppe. Ziel ist die eindeutige Identifikation einzelner Bautypen und Nutzungskategorien mit deren spezifischen Stoffeigenschaften. Die Detailanalyse geht auf diesen Ebenen bis in die Einzelheiten und Stofffraktionen der verbauten Konstruktionen.

#### Nutzung des Stofflagers

Gebäude werden am Ende des Lebenszyklus abgebrochen das heißt sie werden heute noch in großer Zahl zerstört. Dies ist allerdings nicht mehr der Regelfall, vergleiche (Kamrath 2012). Ein ingenieurmäßiger Rückbau ist bei großen Objekten (Industrie, Kasernen, usw.), schwierigen Lagen (Innenstädte, usw.) und bei

der gewünschten Weiterverwendung der gewonnenen Stoffe notwendig. Bei kontrollierten Rückbauprozessen wird in den folgenden Schritten das bestehende Bauwerk (1) analysiert, (2) die Maßnahme geplant, (3) strukturiert durchgeführt und (4) die Stoffe professionell behandelt und verwertet. Das Ziel dieser Maßnahme sollte das zero-waste (dt. Null-Abfall) Gebäude sein, d.h. nach seiner Nutzungszeit sollte es möglich sein das Bauwerk vollkommen rückstandsfrei zurückzubauen und alle seine Stoffe weiterzuverwenden. In der Wortwahl Abbruch drückt sich eine fehlende Wertschätzung gegenüber der Substanz aus, aus denen die Bauwerke bestehen. Außerdem kennzeichnet es ein Ergebnis eines Vorgangs, das neben dem Bauwerk in der Regel auch große Teile der Baustoffe als Bruchstücke hinterlässt, was einer Degradierung der ursprünglichen primären Baustoffeigenschaften entspricht. Selbiges gilt ebenso für Begriffe wie Abbruchmaterial, Abfall und Entsorgung.

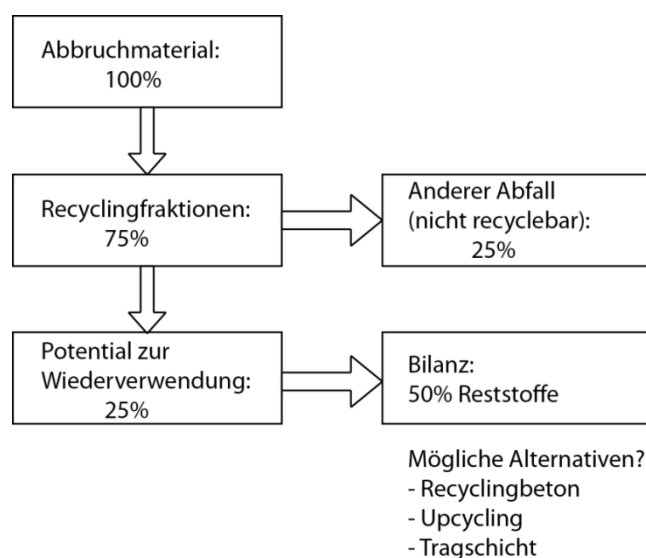


Abb. 18 Rückbaufractionen haben heutzutage einen hohen Anteil an Reststoffen, Kamrath 2012

## 10.2 Strategien zur Steigerung der konstruktiven Ressourceneffizienz

Die Problembeschreibung beruht im Wesentlichen auf zwei Teilen. Erstens wird eine theoretisch-analytische Untersuchung von Quellen und der daraus abgeleiteten Synthese des allgemeinen Standes des Wissens zum Ressourcenschutz und -effizienz durchgeführt. Zweitens gibt es einen Teil empirischer Forschung, in der anhand von Daten realer Bauprojekte die besonderen Bedingungen, die aktuellen Hindernisse und Chancen für mehr Ressourcenschutz untersucht werden. Weiterhin werden die besonderen Abläufe, Randbedingungen der Bau- und Immobilienwirtschaft genauer betrachtet, um Informationstiefe, Schnittstellen, Entscheidungsabläufe (und ihre Bedingungen) um diese Informationen für den Stoffpass nutzbar zu machen. Im Rahmen des Konzepts einer Industrial Ecology (dt. industriellen Ökologie, Anm. d. V.) d. h. einem der Natur nachempfundenen Managements von Stoff- und Energieflüssen zur effizienten Erzeugung von Produkten, macht eine Wiederaufarbeitung in den Originalzustand (engl. Remanufacturing, Anm. d. V.) von gebrauchten Bauteilen durchaus Sinn, weil dadurch hoher Ressourcenverbrauch und schädliche Umweltwirkungen effizient reduziert werden können.

## 10.2.1 Strategieziele – Baustoffverwendung im Lebenszyklus von Bauwerken

### Rohstoffgewinnung und –verarbeitung

- Anteiliger Einsatz von Recyclingmaterial aus der Stoffverwertung in der Herstellung von Primärmaterial.
- Spezifische Produkte aus Sekundärmaterial, bspw. Wärmedämmstoffe aus Zellulose.

Hier gibt es von Herstellern Angaben in den EPD zu den verwendeten Recyclingmaterialien im Herstellungsprozess. Diese können durch weitere unabhängige Informationen aus WECOBIS ergänzt werden. Insgesamt ist die Datenlage jedoch gering, weil es noch nicht zu allen Bauprodukten eine EPD gibt. Viele EPD und auch WECOBIS liefern meist aggregierte Daten, womit eher qualitative Tendenzen des Recyclinganteils als tatsächlich quantitative Informationen für die Bewertung zur Verfügung stehen.

### Errichtung

Informationen aus den Baustoff-EPD liegen in unterschiedlicher Qualität vor, siehe Rohstoffgewinnung. Die Vorbereitung und Herstellung von Baustoffen auf der Baustelle produziert in der Regel mehr Abfälle und Reste, hierzu gibt es allerdings nur wenige Untersuchungen, vergleiche (Takano et al. 2014). Eine Vorfertigung von Bauteilen ermöglicht eine effizientere Materialausnutzung, durch weniger Verschnitte und Reste und bessere Gewinnungsverfahren mit Sortierung, Materialreinheit und Trockenheit. Die Informationen dazu sind bisher nur im kleinen Rahmen für Fallstudien untersucht. Die Datenbasis ist somit sehr gering. EPD-Daten für die Errichtung gibt es auf Stoffebene in der Regel gar nicht. Manchmal werden von Systemherstellern, beispielsweise im Trockenbau oder von Wärmedämmverbundsystemen, Umweltdaten zur Errichtungsphase bereitgestellt. Einige Bauprodukthersteller haben individuelle Sammel- und Rückgabesysteme für Baustellenabfälle, damit sie diese möglichst sortenrein in die Primärstoffproduktion einspeisen können. Die wichtigsten Stichpunkte für den Umgang mit Baustellenreststoffen bei der Errichtung sind:

- Wiederverwendung von Bauteilen,
- Nutzung von Sekundärmaterial,
- Baustellenabfall (Verschnitt, Reste).

### Betrieb

Betriebskonzepte geben Auskunft über den Ressourcenverbrauch durch Energieverbrauchskennwerte, die sich aus Standort (Klima), konstruktiven und bauphysikalischen Bedingungen der Gebäudehülle (Boden, Außenwand, Dach), Gebäudetechnik (Wärmeerzeuger, usw.), Energiequelle (Primärenergie) zusammensetzen. Durch Umbau, Reparatur, Wartung und Austausch werden Bauteile und Baustoffe als Ressourcen freigesetzt. Diese gehen die im Folgenden beschriebenen Strategien mit Rückbaukonzepten und Stoffverwertung.

### Rückbaukonzepte

Rückbaukonzepte werden fälschlicherweise häufig als Recyclingkonzepte bezeichnet. Rückbaukonzepte gehen aber dem Recycling der Stoffe voraus und beschreiben die Zerlegung und Verarbeitung vorhandener Bestand- und Bauteile eines Gebäudes. Sie sind höchstens eine Form des Recyclings auf der



Gebäudeebene. Beim Rückbau werden die Ressourcen aus dem Gebäude als Gesamtsystem herausgelöst. Dies geschieht auf unterschiedliche Weise und mit vielfältigem Ergebnis, das von intakten räumlichen oder flächigen Bauteilen, über einzelne Baustoffschichten, bis zur feinkörnigen Mischung aus verschiedenen Baustoffen besteht. Hier wird bereits deutlich, dass eine intensive Nutzung dieser Ressourcen effizienter wird, wenn der Aufwand zum Rückbau sinkt und die Weiterbehandlung der rückgebauten Stoffe oder Bauteile, bis zu deren letztem Stand der Abfallbehandlung, ebenfalls mit geringem Aufwand verbunden ist. Rückbaukonzepte werden nicht in standardisierter Form bereitgestellt, sondern müssen einzeln für jedes Bauprojekt beschrieben werden, da ein Bauwerk jeweils aus individuellen Bauteilaufbauten und Konstruktionen zusammengefügt ist. Die Fügung bestimmt sehr stark über den nachfolgenden Stoffverwertungsweg und hat damit einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltentlastung.

### **Recycling beziehungsweise Stoffverwertung**

Die nächste Stufe, die nach der Lebenszyklusdefinition außerhalb der Systemgrenzen des Gebäudes liegt, ist das Recycling der Stoffe oder Bauteile, um sie als Sekundärmaterial zu nutzen. Die dabei stattfindenden Prozesse teilen sich auf in eine gleichwertige Wiederverwendung, einer (anteiligen) Rückführung in Produktionsprozesse zur Herstellung von Primär- und Sekundärmaterial, in die thermische Verwertung und in die Deponierung von nicht verwertbaren Reststoffen. Im Bereich der Stoffverwertung sind

### **Problembaustoffe**

Im Bauwesen sind drei Hauptgruppen von Stoffarten identifizierbar, die die Umwelt oder Menschen schädigen und mit denen sich im Zuge der Umweltentlastung befasst werden muss:

- Massenbaustoffe,
- knappe Baustoffe,
- Risikobaustoffe.

### **Massenbaustoffe**

Ein Massenbaustoff wird in großen Tonnagen oder Volumina verbraucht und hat an den relativen Häufigkeiten der Baustoffe Anteile von deutlich über fünf Prozent. Es gilt für alle Stoffe die zentrale Forderung, dass sie so sorgsam und effizient wie möglich eingesetzt werden müssen. Jegliche Verschwendung oder Ausscheiden aus Stoffkreisläufen sollte untersucht und durch geeignete Maßnahmen beseitigt werden.

Für Massenbaustoffe ist die Strategie der Reduktion des Verbrauchs besonders wirksam → Effizienzgedanke.

### **Knappe Baustoffe**

Knappe Baustoffe stehen nicht in ausreichender Menge zur Verfügung, sie sind gekennzeichnet unter anderem in ihrem hohen Preis aber auch in einer verstärkten Nachfrage nach knappen Baustoffen in der Lebensendphase.

Hier sind zwei wesentliche Konzepte zum Ressourcenschutz zu nennen:

- Verringerung des Primärstoffanteils und die vermehrte Verwendung von Sekundärstoffen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft,
- Nutzung von nachwachsende Rohstoffe als Alternativen zu konventionellen Ressourcen,

- Ersatz durch Substitution und Führung in natürlichen Kreisläufen → Konsistenzgedanke.

### **Risikobaustoffe**

Die Risikostoffe als solches sind für Mensch und Umwelt in keiner Weise zuträglich. Die wirkungsvollste Strategie für Risikobaustoff ist ihre konsequente Vermeidung → Suffizienzgedanke. Somit sind erste Ansatzpunkte für gesteigerte Suffizienz:

- Kenntnis über Anzahl, Art, Gefährdungspotential der Risikostoffe,
- Konzept der konsequenten Vermeidung von Risikostoffen durch Positivlisten im Neubau,
- Risikostoffidentifikation mittels reverse engineering (dt. rückwärts Organisation) im Bestand (Bestandsaufnahme).

Der Stoffpass selbst soll kein Kataster für Risikostoffe im Sinne von Gefahrstoffkatastern (Arbeitssicherheit und Umweltschutz) sein, wie sie im Umweltmanagement bereits verwendet werden. Er kann allerdings wertvolle Hilfe bei der Lokalisierung und Identifizierung von Risikostoffen leisten. Durch die systematische Baustofferrfassung im Stoffpass würden das Aufspüren (Lokalisierung) und die folgende Isolierung von Risikostoffen gezielter möglich sein. Der Stoffpass identifiziert die Baustoffe eines Bauwerks, auch wenn dies bei aktuellen Projekten aufgrund deren exorbitanter Zahl von Bau- und insbesondere Hilfsstoffen äußerst schwierig ist. Darüber hinaus wäre es sehr sinnvoll wenn der Stoffpass es ermöglicht die Stoffe im Bauwerk sowohl zu lokalisieren und in ihrem Einbaukontext zu betrachten als auch sie mengenmäßig, qualitativ und weiter zu erfassen. Damit werden Präventivmaßnahmen zum Schutz der Nutzer gezielter möglich. Außerdem werden Sanierungsmaßnahmen leichter planbar, weil aufwändige Voruntersuchungen reduziert werden können.

### **Stofffraktionen und Trennbarkeit**

Trennbarkeit ist immer eine wesentliche Strategie in der Diskussion von Verbesserung der Stoffkreisläufe in industriellen Komplexen, vergleiche den folgenden Punkt Industrial Ecology.

Trennbarkeit der Stofffraktionen von Bauwerken und ihrer Konstruktionen steht bei der Analyse der stofflichen Bestandteile bei der Reduzierung der Umweltwirkungen und Nutzung von Abfall in sekundären Stoffkreisläufen im Vordergrund.

### **Industrial Ecology auf Bauteilebene**

Erreichbarkeit und Verwertung von Einzelstoffen ist bei komplexen Produkten generell ein großes Thema. Das Ziel der Bauteil- oder Stofftrennbarkeit unterstützt die Identifikation, Ausbau, Trennung und Rückführung von Teilen und Stoffen in den technischen Kreislauf. Der technische Kreislauf vereinfacht die Stoff- und Energieströme nach dem Vorbild natürlicher Ökosysteme, wie es (Gleich & Gößling-Reisemann 2008, S. 13) als Wesen der Industrial Ecology Science (dt. Wissenschaft der Industrieökologie, Anm. d. V.), anhand dieses zentralen Paradigmas erfassen. Inzwischen geht die Industrial Ecology, die eigentlich die reine Objektbetrachtung pflegte noch darüber hinaus. Einerseits ist es wichtig Ressourcenströme effizient zu leiten, d.h. die Verfügbarkeit, den Umlauf und den Abfall von uns allen konsumierten Produkten umweltverträglich zu gestalten, und somit gleichzeitig die Belastbarkeit des Ökosystems zu managen. Andererseits wäre es nicht nur recht sondern billig die Natur vom Objektstatus zu lösen und ihre Vorbildfunktion auch bei der Organisation von Systemen also deren Management zu

verwenden, vgl. (Isenman et al. 2012, S. 20f). Am Beispiel der Entwicklungsarbeit in der Automobilindustrie beschreibt (Krinke 2011) die Vorgabe von Zielgrößen, die aus Umweltanalysen abgeleitet werden und anhand derer Ingenieure life cycle engineering (dt. Lebenszyklus technisch planen, Anm. d. V.) an Produkten betreiben. Gleichzeitig verdeutlicht er auch die Voraussetzung einer CSR. Eine konkrete Anwendung des life cycle engineering wäre das bereits oben genannte Remanufacturing.

### **Modularisierung von Bauteilen**

Das Prinzip der Modularisierung (von Produkten) wird häufig angeführt, um das Ziel der Trennbarkeit besser erreichen und umsetzen zu können. Dies sollte aber im weiteren Verlauf kritisch überprüft werden. Vielfach ist Modularisierung auf verschiedenen Hierarchieebenen und in diversen Querschnittsbereichen sehr stark fortgeschritten und eine Strategie der Industrie zur Effizienzsteigerung, vgl. Wildemann (2014) und Göpfert (2009) und das bis Ende 2015 laufende, DBU-geförderte Projekt „Integrale Holzbauplanung“. Durch die zu beobachtende, stetige Entwicklung zur Modularisierung, Elementierung und Zusammenfassung von Funktionsgruppen im Zuge einer Optimierung von industriellen Prozessen findet eine noch stärkere Abgrenzung und Hermetisierung von Stoffen in kleinen Einheiten statt. Einerseits wird hier die Zerlegbarkeit bis zur Modulebene unter Umständen sogar verbessert aber in der darunterliegenden konstruktiven Ebene sind die Stoffe dann aus verschiedensten Gründen (Schutz vor Eingriff, usw.) häufig nur noch schlecht erreichbar. Somit ist eine Fragestellung dahingehen, dass sich möglicherweise durch bestimmte Anforderungen an Module und industrielle Strategien vielleicht eher Hindernisse für deren Zerlegbarkeit ergeben. Eine weitere Fragestellung zielt auf die Produktverantwortung der Hersteller, die in dem Zusammenhang der Modularisierung die Information und Erreichbarkeit der Stoffe in den Modulen gewährleisten müssen, vergleiche im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG 2012).

### **Degradierung von Stoffen**

Bei sehr vielen Bauteilen kommt es zur Degradierung von Materialschichten und Baustoffen durch Alterung oder Zerstörung beim Aus- und Rückbau. Dies ist eine Folge der Verbindungen und der Rückbauprozesse aufgrund der unzureichenden Produktkonzeption, die Trennbarkeit, Stoffvarietät und –qualität sowie die Schadstofffreiheit vernachlässigt hat. Damit ignoriert sie eine, auf das Remanufacturing nach Gebrauchsdauer ausgerichtete Produktentwicklung und Herstellung von Bauteilen und Bauwerken.

## **10.2.2 Konstruktion und Ressourceninformation**

Die notwendige Ressourceninformation liegt nur in den wenigsten Fällen an einem Ort vor. Eine Analyse der vorhandenen Quellen mit Bauteilaufbauten aus dem deutschsprachigen Raum ergab das Bild, das aus folgender Tabelle ersichtlich ist. Die deutsche Datenbank WECOBIS enthält keine Bauteilinformationen und ist nur für Stoffinformationen konzipiert, sie wurde nur ergänzend aufgenommen.

Tab. 9 Überblick über deutschsprachige Bauteildatenbanken und ihre Inhalte

	<b>Baubook</b>	<b>Bauteilkatalog</b>	<b>Dataholz</b>	<b>WECOBIS</b>
<b>Land</b>	Österreich	Schweiz	Österreich	Deutschland
<b>Internetadresse</b>	baubook.at	bauteilkatalog.ch	dataholz.com	WECOBIS.de
<b>Bauteilaufbauten</b>	X	X	X	-
<b>Stoffinformation</b>	X	X	X	X
<b>Lebenszyklus</b>	A1-3, C	A1-3, C	A1-3, (A4-5), C	R, A1-3, A4-5, B, C, D
<b>Rohstoffinhalt</b>	-	-	-	R
<b>Baustoffherstellung</b>	X	X	X	X
<b>A1-A3</b>				
<b>Bauteilproduktion</b>	-	_*	_*	-
<b>A4-A5</b>				
<b>Nutzung B1-B3</b>	-	-	-	(X)**
<b>Rückbau C1</b>	_*	_*	_*	-
<b>Transport C2</b>	_*	_*	_*	-
<b>Entsorgung C3-C4</b>	X	X	X	(X)**
<b>Nutzen &amp; Lasten D</b>	_*	_*	_*	X
<b>Technische Daten, Bauteile</b>	X	X	X	-
<b>Technische Daten, Stoffe</b>	X	X	X	X

\* keine Information gefunden

\*\* nur auf Stoffebene

R: Rohstoffinhalte mit Beschreibung der eingesetzten Rohstoffe

A, B, C, D + Nr.: Phasen des Lebenszyklus nach DIN EN 15804

Die notwendige Information über Konstruktion (Planung) ressourceneffizienter Bauteile (bzgl. Primärstoffeinsatz) kann mit den vorgestellten Werkzeugen in der Regel sehr gut bewältigt werden. Die weitergehende Information über die Herstellung ressourceneffizienter Bauteile ist dagegen doch deutlich eingeschränkter. Es werden meist nur kumulierte Kennwerte mit Ökobilanzbezug veröffentlicht. Weitergehende Information, die für die Gewinnung von Sekundärmaterial aus der Produktkonzeption rückbaugerechter Bauteile fehlt. Die Dokumentation der eingesetzten Materialien funktioniert bei den Bauteilkatalogen sehr gut. Die Details für die die Herstellung der Konstruktionen inklusive Hilfsstoffe und Verbindungsmittel ist wiederum sehr spärlich, weil sie meist zu Bauteildaten aggregiert sind und nicht mehr einzeln identifizierbar sind. Der Aufwand dieser Feindokumentation ist auch als sehr hoch zu bewerten, aufgrund der Komplexität und Stoffvielfalt in sehr vielen Bauteilen.

### 10.2.3 End-of-life und Ressourceninformation

Wie bereits im vorhergehenden Absatz deutlich gemacht wird, ist der Inhalt und Anteil von Massenbaustoffen in den dokumentierten Bauteilen meist hinreichend genau. Weitere Informationen, die das Ziel einer hohen Quote der Stofferrfassung bei der Rückbauplanung ermöglichen und somit den selektiven Rückbau unterstützen können fehlen.

Ein Ziel des Stoffpasses ist es somit eine hohe Quote der Stoffidentifikation und der tatsächlichen praktischen Erfassung durch:

- Optimierten und selektiven Rückbau aufgrund der Informationen zu Konstruktion und Stoffinhalt
- Planung der Stoffverwertung und Kaskadennutzung,
- Zuführung zu Recycling Pfaden,
- Minimierung der Deponieabfälle,
- Reduktion eines dissipativen Systems, zu gewährleisten.

### 10.3 Rahmenwerk baukonstruktiver Stoffklassifizierung

Die Erfassung und Kategorisierung der Konstruktionen und materialbezogene Information wird durch das Rahmenwerk der baukonstruktiv orientierten Stoffklassifizierung umgesetzt. Aus den Informationssystemen, die für die Information und Beurteilung der Umweltqualität öffentlich zur Verfügung stehen werden geeignete Werkzeuge identifiziert, die Ressourceninformationen bereitstellen können und zu Umsetzung von Effizienzstrategien qualifiziert sind. Ein Austausch von Anforderung stellt die Verbindung zwischen Bauprozess- und Daten her. Es gilt die relevanten Informationen in einem Informationsmodell zu definiert, um die Anforderungen an ein Informationsaustausch zwischen den beiden Geschäftsprozesse in einem bestimmten Stadium des Projektes zu erfüllen. Der Stoffpass liefert die notwendige, integrierte und umfassende Referenz indem diskrete Herstellungsprozesse im Hochbau zusammen mit für und über ihre Ausführung notwendige Informationen identifiziert werden. Diese werden in einem Framework zusammengestellt. Die fehlenden Messgrößen werden identifiziert. Die Modellierungsmöglichkeit aus Stoffstromperspektive wird aufgezeigt.

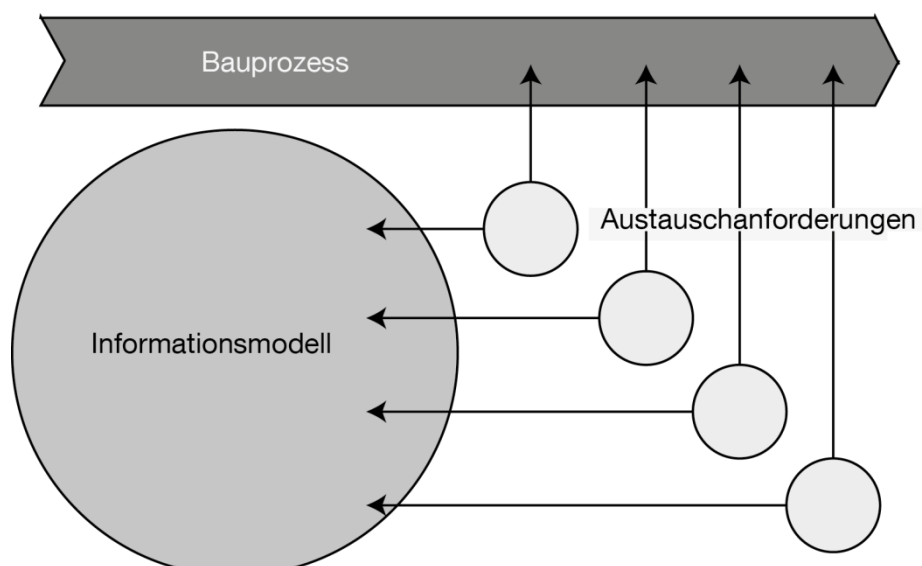


Abb. 19 Kommunikationsanforderung als Verbindung zwischen Prozess und Daten, IDM 2010

### 10.3.1 Bestehende Informationssysteme

Der gängige Standard zur Bemessung der Umweltleistung von Bauwerken im Kontext der Nachhaltigkeitsbewertung ist die Ökobilanz:

- ISO 15686 Internationale Norm zu Hochbau und Bauwerke, Planung der Lebensdauer
- CEN TC 350 mit der europäischen Normenreihe zur Nachhaltigkeit von Bauwerken (EN 15804 und EN 15978)

#### Datenbanken mit Stoffinformation

Öffentlich verfügbare Informationssysteme, die relevante, bauwesenspezifische Stoffdaten bereithalten, die das praktische Handeln unterstützen sind:

- Baubook (AT)
- Ökobaodat (DE)
- WECOBIS (DE)
- Umweltproduktdeklarationen in Form von Herstellerinformationen (DE, EU), [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de)
- GISBAU (DE)
- REACH (EU)

Weitere ergänzende, externe Datenquellen ergänzen das materielle Kataster der Stoffe und Bauteile eines Gebäudes und eröffnen die Möglichkeiten für weitere Analysen und die Verbindung zu ergänzenden Reportings (dt. Berichterstattung, Anm. d. V.) vom lokalen bis zum globalen nachhaltigen Konsum und Produktion (engl.: sustainable consumption and production (SCP), Anm. d. V.).

Tab. 10 Übersicht über die momentan vorhandenen Stoffbasisdatenbanken

Datenbank	Inhalte	Probleme	Anmerkungen
A) Ökobaodat (generische branchenaggregierte und teilweise herstellerspezifische Daten)	Ökobilanzdaten oder Baustoffinventar zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen enthält inzwischen auch Umweltproduktdeklarationen (EPD, herstellerbezogen)	Abschneidekriterien für marginale Stoffflüsse (<1% oder max 5% in Summe, bezogen auf Masse oder Primärenergieinhalt, dito für Umweltwirkungen)	ev. Sinnvolle Angaben durch das Datenfeld: zusätzliche Herstellerinformation
B) Wecobis (herstellerneutral)	produktneutrales Baustoffinformationssystem	Welche Informationen sind abgelegt (bauphysikal., mechan., chemische)? Wie kann auf diese zugegriffen werden? Taugt es für weitere Entscheidungskriterien (wie z.B. Knappheit, regionale Verfügbarkeit, Lebensdauer, Recyclinganteil, Recyclebarkeit,...)? Ist die Datenbank frei verfügbar? Ist es erweiterbar?	herstellerunabhängig und von zentraler Stelle unabhängig erstellt und fortgeführt Verbindung zu weitergehenden Informationen -> (GISBAU/WINGIS) Liefert durch Verlinkung die volle Bandbreite an möglichen Gefährdungen, so dass man von einer Quasivolldeklaration sprechen könnte?
C) Umweltproduktdeklarationen (herstellerspezifisch)	Gebäudeökobilanz: EPD werden abgearbeitet, aber keine Effizienzstrategie abgebildet, es wird nur der status quo dokumentiert	Infor über stoffliche Risiken: Ökobilanz-Punkte, Zertifizierungsergebnisse, Eigentümer bleiben spätere Rückbauprobleme	

Die WECOBIS-Struktur (auf Bauproduktebene) wie in Abb. 20 zu sehen ist, wäre für den Stoffpass die Erweiterung um den Kontext Bauteil/Konstruktion und Gebäude denkbar würde aber den praktischen

Rahmen sprengen. Zielführend ist eine Vertiefung der Lebenszyklusinformationen um mehr Informationen zu Verarbeitung, Rückbau und Nachnutzung.

Ein weiteres Problem besteht in der zeitdiskreten Darstellung der Daten mit absolutem Jetzt-Bezug. Dies ist nicht ausreichend für die kurz- und mittelfristig stattfindende Rückbau- und Entsorgungstätigkeit. Die älteren Stoffe, die in den Bestandsbauwerken lagern, können damit nicht einfach identifiziert werden.



Abb. 20 WECOBIS Struktur bildet Lebenszyklus ab, allerdings sind wenige Informationen zu Nachnutzung enthalten

Ökologische Bauprodukt Daten nach der europäischen Bauproduktenverordnung (engl. Construction products regulation, CPD). Dies sind sogenannte spezifische Umweltproduktdeklarationen (engl.: Environmental Product Declaration, EPD):

- Standardisierte Erfassung der Input- und Outputs für die Produktebene nach DIN EN 15804 mit einer Bewertung der Umweltwirkungen nach ausgewählten aggregierten Wirkungsindikatoren, z.B. Treibhauspotential GWP100, Eutrophierungspotential usw.
- Genutzt in Gebäudeökobilanz nach EN 15978: EPD werden abgearbeitet, aber keine Effizienzstrategie abgebildet, es wird nur der status quo dokumentiert
- Allgemeine Dokumentation und Info über stoffliche Risiken: Ökobilanz-Punkte, Zertifizierungsergebnisse, Eigentümer bleiben spätere Rückbauprobleme

Darüber sind weitere externe Datenquellen mit stoffbezogenen Information verfügbar und können in Verknüpfung mit dem Stoffpass ergänzende

und spezifische Aussagen zu umwelt- und gesundheitsrelevanten Themen von Stoffen geben, dazu gehören die nachfolgenden als die wichtigsten:

Tab. 11 Übersicht über spezifische Datenquellen MIPS, GISBAU, REACH, ecosoft

<b>MIPS</b> (Wuppertalinstitut; Material Input pro Serviceeinheit)	Information und Indikatoren gemessen nach der Materialintensität des zum Verbrauch der Basisressourcen (Land, Wasser, Luft, abiotischer und biotischer Ressourcen)
<b>GISBAU, WINGIS</b> (Berufsgenossenschaft (BG) Bau; ist ein Gefahrstoffinformationssystem)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Informationen über Gefahrstoffe am Bau</li> <li>o Betriebsanweisungen gemäß §14 der Gefahrstoffverordnung</li> <li>o Handlungsanleitungen und Broschüren zur Gefahrstoffproblematik</li> <li>o Elektronische WINGIS Datenbank (<a href="http://www.wingis-online.de/wingisonline/">http://www.wingis-online.de/wingisonline/</a>)</li> </ul>
<b>REACH</b> (EU Kommission + ECHA; Europäische Chemikalienverordnung zum Schutz von Mensch und Umwelt, beinhaltet verschiedene Instrumente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Registrierung der Chemikalien durch Hersteller, Importeure und nachgeschaltete Anwender</li> <li>o Kontrolle (stichprobenartig) durch Behörden</li> <li>o Bewertung ausgewählter Stoffe durch Behörden</li> <li>o Verbraucherinformation und -schutz</li> <li>o Prozesskette der Informationsweitergabe</li> <li>o Regulierung durch Behörden (Regelungsverstöße, besorgniserreg. Stoffe (SVHC), Beschränkung)</li> </ul>
<b>ecosoft</b> (IBO.at; Excel-Anwendung zur LCA-Berechnung von Bauteilaufbauten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Richtwerte für Materialien (Herstellungsenergie, Treibhauspot. Usw., vgl. ökobau.dat und KBOB)</li> <li>o Entsorgungsindikator</li> <li>o Passivhausbauteilkatalog</li> <li>o Best-practice Beispiele</li> </ul>

Tab. 12 Auszug aus einem Vergleich der Umweltdeklarationssysteme und ihrer Kategorisierung, Scherzer et al. 2012

**Abschneideregeln/ Stoffinfo**

Orientierungen/ Bezeichnung	Grundlage	IBU	Blauer Engel	IBN	GIS-CODE	Nature-plus	Öko-Plus
Veröffentlichung		<u>Internet</u>	<u>Internet</u>	<u>Internet</u>	<u>Internet</u>	<u>Internet</u>	<u>Internet</u>
Internet-Datenpräsenz		ja	ja	nein	ja	ja	ja
Orientierungssystem		PCR-Gruppen	ja	nein	ja	ja	ja
Suchfelder mit Informationen		ja	ja	nein	ja	ja	ja
Produktnamen		ja	ja	nein	nein	ja	ja
Gefahrstoffhinweise	TRGS 222	wenige	ja	nein	ja	nein	nein
CMR Inhaltsstoffe	TRGS 905	ja	ja	nein	ja	nein	nein
Sensib. Inhaltsstoffe	TRGS 907	nein	ja	nein	ja	nein	nein
Sicherheitsdatenblatt	TRGS 220	nein	nein	nein	ja	nein	nein
R+Sätze Hinweise	RL 67/548/EU	nein	ja	nein	ja	nein	nein
NIK Werthinweise	AgBB	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Wassergefährdungsklasse		ja	nein	nein	ja	nein	nein
Abfallschlüssel		ja	nein	nein	ja	nein	nein
CAS Nr. der Inhaltsstoffe		nein	nein	nein	nein	nein	nein
EINECS Nummern		nein	nein	nein	nein	nein	nein
MAK Werte		ja	nein	nein	nein	nein	nein
MIK Wert		nein	nein	nein	nein	nein	nein
Abschneideregeln massenbezogen		1%	?	?	?	1%	?
Fachbeirat		ja	ja	nein	nein	?	nein
Kriterienkatalog		<u>ja</u>	ja	nein	ja	<u>ja</u>	ja
Beschränkungen bei Gefahrstoffen		ja	ja	?	nein	<u>ja</u>	?
Transparente Auswahlmöglichkeit		nein	nein	nein	ja	nein	ja
Prüfzeugnisse/Zertifikat		ja	ja	ja	ja	ja	nein
Prüftransparenz		ja	nein	nein	nein	nein	nein
Substitutionsempfehlung		nein	nein	nein	nein	nein	nein
Relevanz für Kriterium 1.1.6		teilweise	hoch	keine	hoch	teilweise	nein



## Zusammenfassung Datenquellen

- stoffliche Basisdaten sind relevant für Herstellung und Rückbau,
- Entsorgungsinformationen sind sehr gering und für eine weitere Beurteilung unzureichend
- Rückbauinformationen sind nur im Kontext mit Konstruktionsaufbauten erfassbar
- Rückbauinformationen liefern relevante Kosteninformationen
- Entsorgung muss nach der Rückbauinformation neu bewertet werden
- Ressourceneffizienz kann aufgrund der lückenhaften Information nur eingeschränkt beurteilt werden

### 10.3.2 Stoffpass als Informationssystem

Aus der eigenen praktischen Erfahrung des Autors und durch Reflektion vorliegender Fallstudien lässt sich folgendes Schema bei der Stoffauswahl und -festlegung erkennen wie in folgender Tabelle dargestellt.

Tab. 13 Gliederung der Stofftypen nach Planungsschritten und Abfolge der Entscheidungsträger

Es ist vorhanden:	Es fehlen:
<b>Persönliche Vorlieben, Erfahrungen, eingespielte Muster des Architekten fokussieren auf eine Stoffauswahl in Zusammenhang mit einer Bauaufgabe und Nutzung (Holz → Wohnhaus, Stahl → Industriebau / Halle, Massivbau → Bürobauten, Aufstockung Leichtbau → Holz, Stahl, Hybridbauweisen)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Intransparente Stoffauswahl je Gebäudetyp → objektive Beurteilungskriterien fehlen zumindest aus technischer Sicht,</b></li> <li>- <b>Wirtschaftliche Absicherung der Leistung,</b></li> <li>- <b>Know-How des Büros angesichts Vielfalt von Konstruktionen,</b></li> <li>- <b>Umweltbezogenes Wissen, Argumente und objektive Praxisbeispiele</b></li> </ul>
<b>Einbeziehung des Bauherrenwunsches (auch hier ist Erfahrungswelt bestimmend, diese ist stark vom Markt und einschlägigen Beispielen geprägt) Planung (insbesondere des Tragwerks) mit den vorausgewählten Stoffen, damit sind für den weiteren Planungsverlauf die Hauptstoffmassen festgelegt. Stoffmassen aus Oberflächen sind erst einmal zweitrangig.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausgewogene Beratung des Bauherren,</li> <li>- Weil obiges fehlt,</li> <li>- Offenheit, Dialog und objektive Kriterien bei Tragwerksplanern,</li> <li>- Know-How,</li> </ul>
<b>Ausschreibung und Vergabe (alternative Vorschläge aber i.d.R nur für Oberflächen oder nichttragende Bauteile)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umweltbezogene Kriterien und Anforderungen in Leistungsbeschreibung,</li> <li>- Preis/Umweltleistungsindex zur Bewertung,</li> <li>- Die Vermeidung umweltmäßigen „downgrading“ der Konstruktionen,</li> </ul>
<b>Ausführung der beauftragten Konstruktionen (häufig noch Änderungen der Verbindungsmittel, Befestigungen durch Handwerker), ggfs. Umplanungen durch Änderungswünsche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dito,</li> </ul>
<b>Rückbau, Abfallbeseitigung und Recycling spielen eine Nebenrolle und kommen wenn dann beim Freimachen des Grundstücks zum Tragen aber es</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EoL-Konzepte für Neubau, es sei denn es sind Zertifizierungsprojekte,</li> <li>- Dito, bzw. Konzepte sind hypothetisch für in</li> </ul>

<p><b>wird kaum über sinnvolle Einsatzmöglichkeiten im Neubau nachgedacht</b></p>	<p>50 Jahren,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umwelanforderungen an Bestandsprojekte/Redevelopment bzgl. Recycling,</li> <li>- Untersuchungen zur Effizienzsteigerung mit geplantem Rückbau.</li> </ul>
---	--

Daraus ergibt sich im weiteren Verlauf die in der nachfolgenden Abbildung dargestellte, mehrstufige Vorgehensweise. Die wesentlichen Bestandteile eines Stoffpasses können aus der Analyse der organisatorischen Probleme bei der Erfassung und Dokumentation von Baustoffen während des Planungs- und Bauprozesses abgeleitet werden. Basis dafür ist die Abb. 21 und insbesondere deren dritte Spalte zur Identifikation der heutigen Probleme der Stoffbeschreibung.

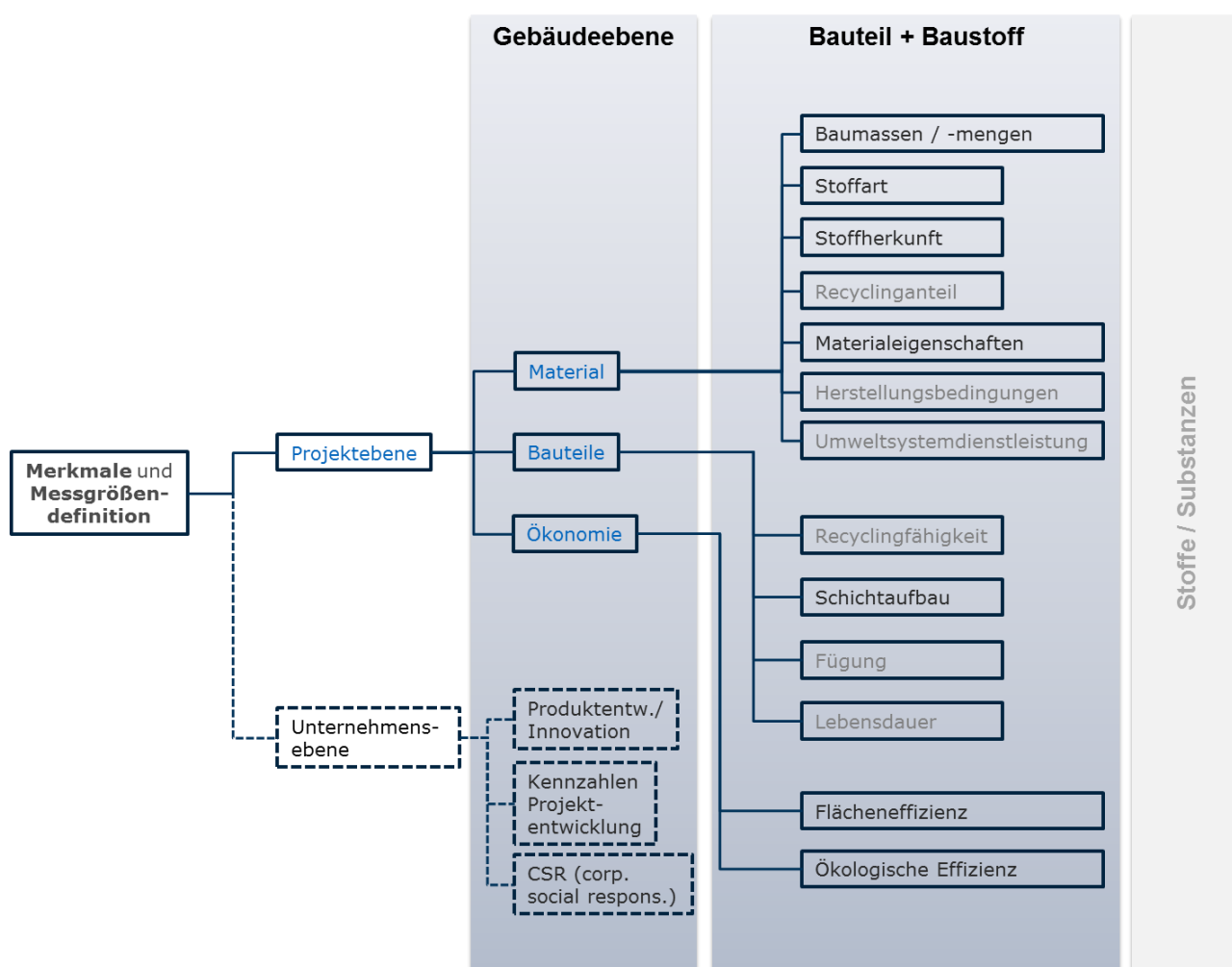


Abb. 21 Merkmale eines Gebäudes zur Überführung in eine Rahmenbeschreibung des Stoffpasses

Insbesondere fehlen nach Abschluss der Ausführung eines Projekts in seiner Projektdokumentation strukturierte Listen der verbauten Stoffe sowie deren Quantitäten in Form einer Massen- und Volumenermittlung. Ergänzend dazu sind weitere Identifikationsmerkmale bzw. Charakteristiken über die verarbeiteten und verbauten Stoffe wünschenswert und nützlich. Die daraus ableitbaren Anforderungen an den Stoffpass sind in der Abb. 21 zu sehen. Auf der ersten Hierarchieebene unterhalb des Stoffpasses sind die folgenden wesentlichen Parameter vorgegeben: Stofftyp, Stoffmenge/-bilanz über alle Stofftypen, Stoffherkunft, Lebensweg, Lebenszyklusstoffbilanz (Stoffmenge über den Lebensweg, siehe auch Formel (1), Einbaukontext). In einer weiteren, darunterliegenden Ebene können zusätzliche Informationen zu den Stoffen abgebildet werden.

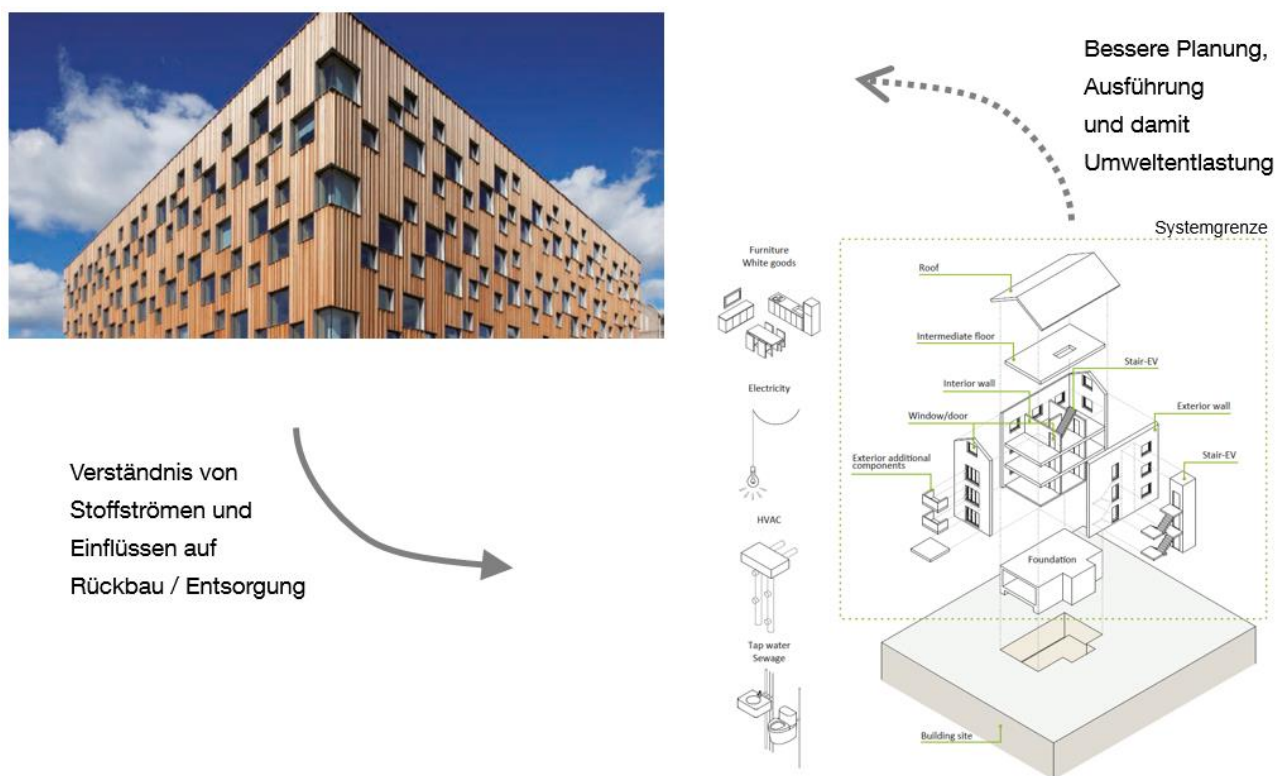


Abb. 22 Methodische Vorgehensweise durch Verständnis der Wechselwirkung Planung / Ausführung mit Systemmodell

### 10.3.3 Framework zur Erfassung

Das Organisationsstruktur im Bauwesen wie auch die Anlagenentwicklung ist dadurch gekennzeichnet, in dem viele verschiedene Unternehmen und Behörden zusammen in einer projektbezogenen Organisation zusammenwirken und -arbeiten. Um effizient zu arbeiten, ist es notwendig, dass alle Beteiligten in der Organisation wissen, welche Art und wann Informationen übermittelt sind und werden. Die Frage ist umso wichtiger, wenn digitale Werkzeuge angewendet werden, da die meisten IKT-Tools eine sehr niedrige Toleranzschwelle haben, wenn es um die Möglichkeit geht, digitale empfangene Daten zu interpretieren.

Die Methodik der Rahmenbeschreibung wird verwendet werden, um bestehende oder neue Prozesse und die zugehörigen Informationen zu dokumentieren und zu beschreiben, die zwischen den in der

Projektentwicklung Beteiligten ausgetauscht werden müssen. Ausgehend vom standardisierten Rahmen kann sie dann verwendet werden, um Grundlage einer detaillierteren Beschreibung zu sein, die gegebenenfalls die Grundlage für die Weiterentwicklung firmeninterner Standards oder auch ein Software-Entwicklungsverfahren bilden können. Die folgende Beschreibung des Frameworks wird angelehnt an die notwendigen Prozessschritte zur vollständigen Erfassung der stofflichen Messgrößen eines Bauwerks.

*Tab. 14 Beschreibung des Frameworks in den Schritten, Anwendung auf Gebäude und abgeleiteter Information*

<b>Schritt</b>	<b>Anwendung</b>	<b>Identifikation, Quantifizierung und Dokumentation</b>
Systemverständnis und Systemmodell	Bautyp Funktion	Grobstruktur Bauwerk funktionale Einheit
Erfassung Herstellungs- oder Errichtungsprozesse	Charakteristika Konstruktionstypen Baumassen	Feinstruktur Bauteile Baustoff Relevanz und damit Risiko (extern: Basisdaten LCA)
(Fein-)Analyse Bauteile, Fügetechnik und	Konstruktionstypen Anschlüsse und Details  Baumassen	Materialtyp und –menge Stoffe, Hilfsstoffe, Verbindungsmitel Baustoffdiversität (extern: Basisdaten für LCA)
Heranziehung externer Informationsquellen	Stoffbestandteile Gefahrstoffe  Risikostoffe	Rückgewinnung Gesundheitsschutz, Transport, Umgang Schadstoffvermeidung
End-of-life	Rückbaubarkeit, Trennbarkeit, Entsorgung	Fussabdruck Entsorgungswege
Immo-ökon. Betrachtung	Bruttogeschoßfläche, Nutz-, Hüllfläche	Ökonomisch relevanter Bezugsrahmen, Effizienzbewertung

## 2. Schritt Erfassung Herstellungsprozesse als Ausgangsszenario

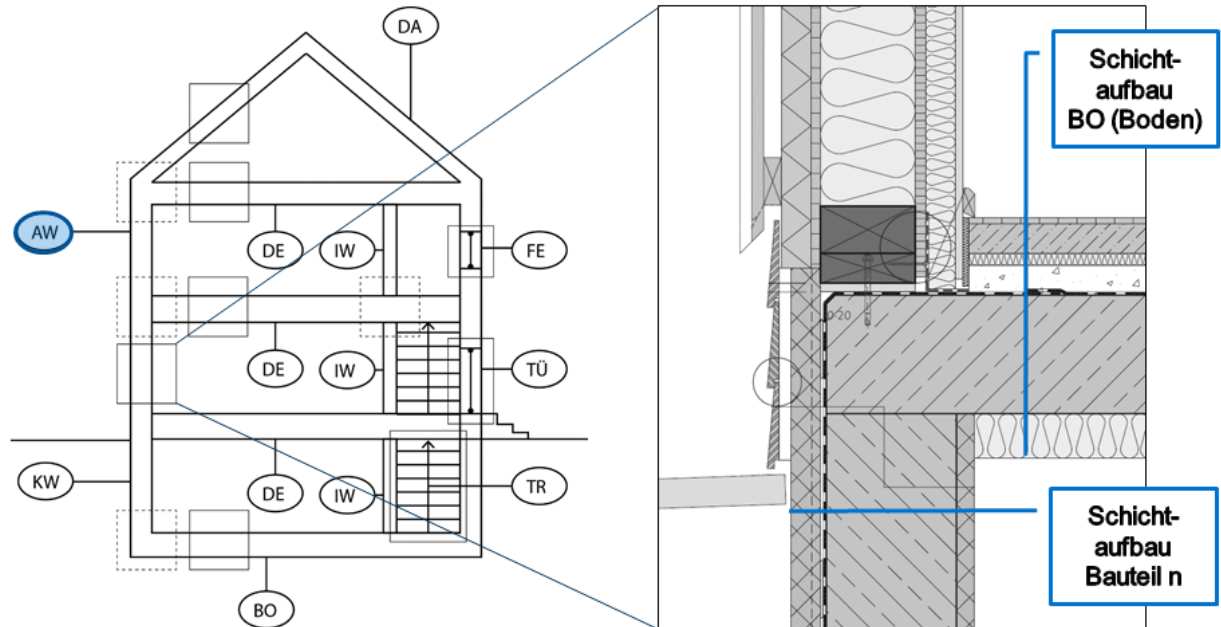


Abb. 23 Kategorisierung der konstruktiven Bauteile eines Bauwerks

### Stoffkontext und Fügung

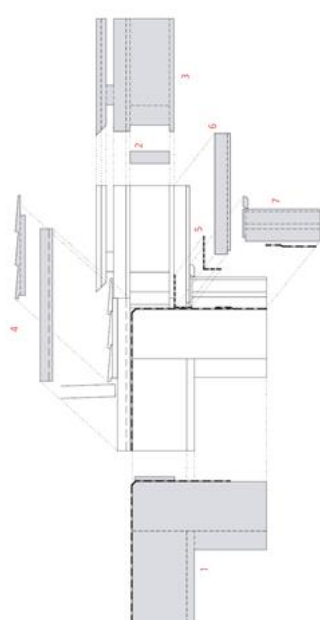
Weitere Themen, die für die Betrachtung in einer Weiterentwicklung berücksichtigt werden sollten sind:

- Stoffeinbaupunkt (Alter des Stoffes z.B. bei Bestandsbauten),
- Verbindungen zum Kontext von Konstruktion / Bauteil / Modul (evtl. Topologie),
- Degradierungsszenarien.

### Verknüpfung externer Datenquellen (Stoffherkunft)

Dieser Aspekt beinhaltet die ergänzenden Informationen über die supply chain und die value chain und informiert über die Wege die der Stoff in seinem Lebensweg zurücklegt und kann außerdem indirekt über soziale Standards bei der Gewinnung Auskunft geben (vgl. Tropenholz). Allerdings ist diese Information nicht den Planungsinformationen des Gebäudes zu entnehmen. Dazu muss auf externe Informationssysteme und Verfahrensanordnungen (WINGIS, REACH, KrWG) zurückgegriffen werden, um die bereits geschaffenen stofflichen Information damit zu verknüpfen.

3. Schritt: Analyse Bauteile in Fügechnik, Verbindungsmittel, Hilfsstoffe, Trennbarkeit
4. Schritt: Analyse Stoffe in Risikostoffe, Gefahrstoffe, Arbeits- und Gesundheitsschutz



Verknüpfung mit externen Datenquellen:

**WINGIS online** Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

**Bau-Bere** Gefährliche und besonders besorgniserregende Stoffe  
Die nachfolgende Tabelle liefert eine Übersicht der ausgewählten gefährlichen Stoffe gemäß CLP-VO und der besonders besorgniserregenden Stoffe (SVHC) nach REACH-VO.

Gefahrenklassen und -kategorien nach CLP-VO	CLP-VO		REACH-VO
	H-Sätze	Alt: R-Sätze	SVHC
akute Toxizität	H300, 310, 330	R26/27/28	-

Keimzell-Mutagenität

**§ 14 Förderung des Recyclings und der sonstiger**

(1) Zum Zweck des ordnungsgemäßen, schadlosen und hochwertige und Glasabfälle spätestens ab dem 1. Januar 2015 getrennt zu wirtschaftlich zumutbar ist.

(2) Die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling 1. Januar 2020 mindestens 65 Gewichtsprozent insgesamt betra

(3) Die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und gefährlichen Bau- und Abbruchabfällen mit Ausnahme von in der Anlage zur Abfallverzeichnisverordnung mit dem Abfallschlüssel spätestens ab dem 1. Januar 2020 mindestens 70 Gewichtsprozent nach Satz 1 schließt die Verfüllung, bei der Abfälle als Ersatz für Bundesregierung überprüft diese Zielvorgabe vor dem Hintergrund Rahmenbedingungen für die Verwertung von Bauabfällen bis zu

Abb. 24 Detailanalyse (links) und Verknüpfung mit externen Datenquellen (rechts)

### Stofftyp / -art und Stoffdiversität

Die Zusammenstellung des Stofftyps geschieht zusammen mit den Informationen, die auf der stofflichen Ebene des Bauwerks in den einzelnen Parametern der jeweiligen Stoffmengen erfasst werden. Die Kategorisierung erfolgt in Hauptgruppen, die nachfolgend dargestellt sind. Darüber hinaus findet meist eine top-down Analyse der in der Planung definierten Gemische (z.B. Beton) und Erzeugnisse (z.B. Fenster) statt, die detaillierte Stoffinformationen liefert.

Stofftypen  $s$  [kg] unterscheiden die unterschiedlichen Fraktionen in ihre Hauptgruppen:

- Mineralische Stoffe,
- Glas,
- Metalle,
- Kunststoffe,
- Gummi,
- Holz Nachwachsende Stoffe,
- Reststoffe (aus Herstellungs- und Errichtungsprozessen),
- Hilfsstoffe (zur Verbindung von Bauteilschichten und Komponentenbestandteilen).

Aus diesen Daten können erste Aussagen zur Stoffdiversität anhand der Anzahl unterschiedlicher Stoffe erfasst werden. Für die Darstellung der in Bauteilen enthaltenen, unterschiedlichen Stoffe kann neben dem reinen Zahlenwert auch ein Ressourcendiagramm in Form eines Tortendiagramms genutzt werden.

Stoffdiversität:  $D_E = n$

## 6. Schritt: End-of-Life Betrachtung mit Rückbau, Abfallbeseitigung, Recycling

Ressourcendiagramm

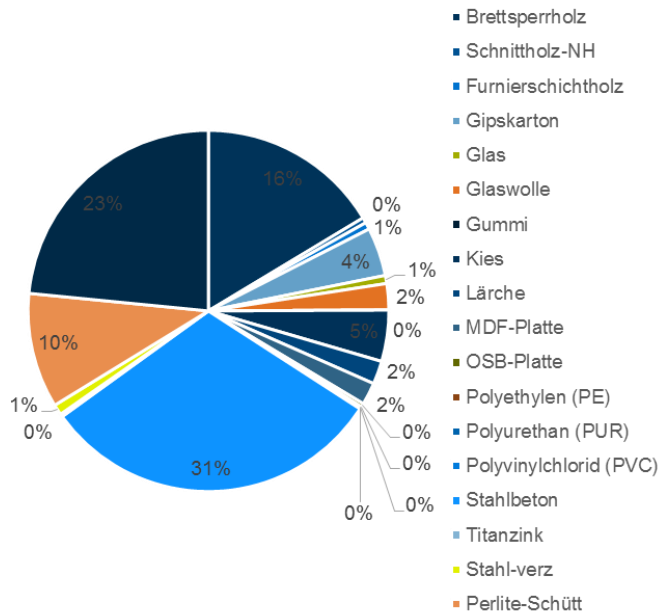


Abb. 25 Erstellung eines Ressourcendiagramms zur Kommunikation der Stoffdiversität

### Stoffmengen verschiedener Stofftypen

Anhand der Parameter der Baustoffe wird eine Stoffmassenbilanz für die jeweiligen Bauteile und daraus aggregiert für das Gesamtgebäude erstellt. Aus dieser werden nach den Stofftypen die Stoffgruppen zusammengestellt.

Somit ergibt sich für die Stoffmassenbilanz nach Stofftyp folgende Formel:

$$M_{Stoff} = \sum_{i=n}^m s_i \text{ in [kg]} \quad (1)$$

## 5. Schritt Auswertung und Bezug zu ökonomisch relevanten Indikatoren

Bauteilflächen		Stoffliste mit –masse (externe Indikatoren)					
<b>Bauteile</b>	<b>Gesamtflächen [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Baustoff</b>	<b>Stoffmasse</b>	<b>PERT [MJ]</b>	<b>PERNT [MJ]</b>	<b>PE erneuerbar [MJ/kg]</b>	<b>PE nicht erneuerbar [MJ/kg]</b>
Wohnfläche insgesamt	560	Brettsper Holz	60989,5895	1831801,06	444555,182	30,0346514	7,28903384
Bodenplatte	223,17	Schnittholz-NH	1815,0748	34108,0294	10432,1575	18,7915282	5,74750831
Außenwand	628,39	FSH	2337,98783	80993,682	45218,5021	34,6424737	19,3407773
Außentüren-/fenster	112,00	Gipskarton	16185,0375	2994,23194	61179,4418	0,185	3,78
Innenwand	167,89	Glas	2688	0	63840	0	23,75
Wohnungstrennwand	34,68	Glaswolle	8730,04708	21039,4135	252385,661	2,41	28,91
Geschossdecke	426,25	Gummi	56	86,24	6721,12	1,54	120,02
Dach	213,13	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

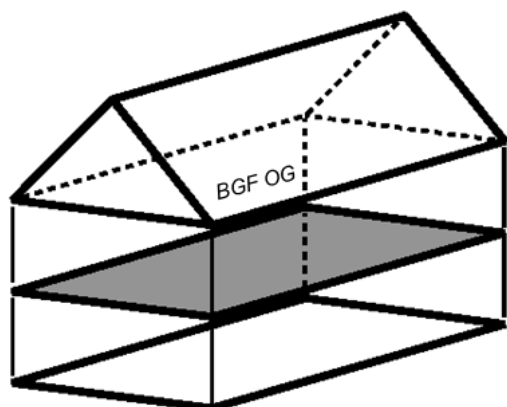


Abb. 26 Verknüpfung von Stofftypen mit Baumassen

Kennzahlen sind: Hilfsmittel, die die Verfolgung intransparenter Abläufe ermöglichen, indem sie das Erreichen oder Verlassen bestimmter Zustände anzeigen.

- Kennzahlen sind meist produktbezogen. Damit werden beim Gebäude seine wesentlichen stofflichen Eigenschaften zu Hauptindikatoren.
- Zur Gegenüberstellung und Ergänzung auf regionaler und globaler Ebene kann für Gebäude mit all dessen stofflichen Bestandteilen und den zur Errichtung notwendigen Zusatzstoffen ein regionaler Indikator zum Materialinhalt und tatsächlichem Ressourcenverbrauch errechnet. Materialinhalt ist nicht gleich Ressourcenverbrauch (werden Wasserverbrauch, die fossilen und nicht fossilen
- Energieträger müssten rückgerechnet werden aus den Primärenergieinhalten.

### Stofflebensweg (mit Schwerpunkt auf Verwertung am Gebäudelebensende)

Diese Kennzahl zeigt auf, ob es sich bei dem eingesetzten Baustoff oder Bauteil um einen Primärstoff oder einen Sekundärstoff oder ein Gemisch aus beidem handelt. Die im Baustoff, das ja in aller Regel ein Gemisch ist, enthaltenen möglichen Stoffe und deren Herkunft kann nur über externe Datenquellen ergänzt werden, siehe dazu auch den folgenden Punkt Verknüpfung externe Datenquellen.

Es findet eine Berücksichtigung des Lebenszyklus durch die Baustoffbestandteile der Lebenszyklusphasen und der daraus zu errechnenden Stoffmassenbilanz im Lebenszyklus statt. Abfallmengen bzw. Reststoffe sind zu den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus unterschiedlich und werden in der folgenden Formel berücksichtigt.



Stoffmassenbilanz Lebensweg im Gebäudelebenszyklus:

$$M_L = M_A + M_B + M_C + M_D \text{ in [kg]} \quad (2)$$

Variablen:  $M$  beschreibt die Stoffmassen in den Lebenszyklusphasen (A-C und D)

Indizes: für die verschiedenen Lebenszyklusphasen ( $A$  = Herstellung,  $B$  = Nutzung,  $C$  = Rückbau,  $D$  = Lasten außerhalb der Systemgrenze),  $L$  steht für den gesamten Lebenszyklus.

Ebenso ändern sich mit den Lebenszyklusphasen die Zusammensetzungen und die Qualitäten der Reststoffe. Diese sollten in den nachfolgenden Indikatoren erfasst werden.

Sekundärmaterial:  $S_E = n$

Recyclingmaterial:  $R_E = n$

## 6. Schritt: End-of-Life Betrachtung mit Rückbau, Abfallbeseitigung, Recycling

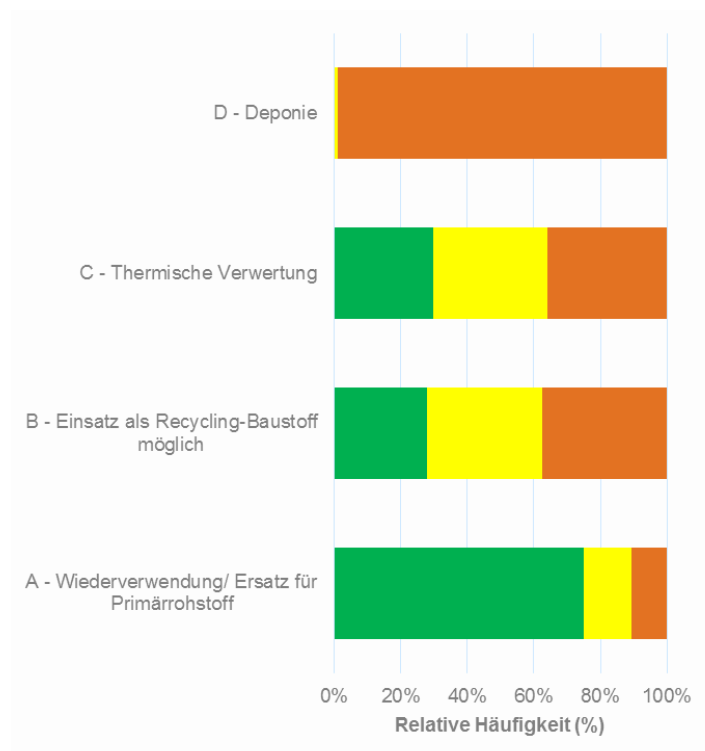


Abb. 27 Erweiterte Betrachtung der Stoffverwertung über den Lebensweg

### 10.3.4 Modellierung von Stoffströmen in Konstruktionen

Systembild und Stoffstrom werden anhand grundlegender Konstruktionen erstellt. Es werden die Randbedingungen für die Modellierung von einschlägigen Baukonstruktionen untersucht. Dabei sind mehrschichtige, aktuelle Wand- und Dachaufbau in Bearbeitung, vergleiche (Bayer 2014). Die Darstellung

erfolgt sowohl in Sankey-Diagrammen als auch in Stoffstromnetzen, immer in Abhängigkeit der Möglichkeiten der verwendeten Modellierungssoftware.

Im Gegensatz zur Modellierung einer Außenwand ist eine übersichtliche, grafische Darstellung des Dachaufbaus ohne die Verwendung von Subnetzen nicht mehr möglich. Für die Lebenszyklusphasen A1-A4 wurde für jede Schicht je ein Subnetz angelegt, in welchem dann die Herstellung des für die Schicht benötigten Materials (Sparren, Wärmedämmung, Ziegel etc.) sowie der Transport zur Baustelle gesondert modelliert werden kann. Abb. 28 zeigt das Gesamtsystem. Die Subnetze sind anhand des doppelten Rechteckrahmens erkennbar. Da auf Recyclingströme verzichtet wurde, ist das Bild noch recht übersichtlich gestaltet. Bei der Abbildung der Außenwand wurde die Errichtungsphase (A5) nicht betrachtet, da über diese zu wenige Informationen vorlagen. Zudem verlangt die Errichtung einer einschaligen Außenwand vergleichsweise wenig Arbeitsschritte und einen geringen Maschineneinsatz. Nun wurde die Errichtungsphase zumindest schematisch abgebildet, um einen groben Überblick über die Darstellbarkeit der Arbeitsschritte beim Aufbau eines geneigten Daches zu bekommen. Dabei wurde für das Hinzufügen einer Schicht je ein Prozess verwendet, dem dann alle nötigen Materialien, Hilfsstoffe, Energieströme sowie Maschineneinsätze „zufließen“. Am Schluss entsteht so das Produkt „Dachfläche“ je funktionaler Bezugsfläche von einem Quadratmeter. Die Abbildung einer komplexeren Baukonstruktion ist mit Umberto möglich, erfordert aber einen weit höheren Modellierungsaufwand. Mithilfe der Verwendung von Subsystemen ist jedoch auch diese Komplexität gut in den Griff zu bekommen. Allerdings wird auch deutlich, dass ohne eine entsprechende Datenbankbasis eine Abbildung solcher Aufbauten wie der eines Daches ohne vorgefertigte Standardprozesse nicht mehr effizient wäre. Man müsste sich ohne eine solche Unterstützung auf einige Aspekte der Darstellung beschränken. Ist aber eine Datenbank vorhanden, die wie jene in Umberto NXT Universal Zugriff auf eine Vielzahl solcher Standardprozesse und Materialien und mittels der „Expand-Funktion“ auch eine Abbildung der Vorketten ermöglicht, kann auch ein komplexeres Stoffstromnetz ohne weiteres abgebildet werden.

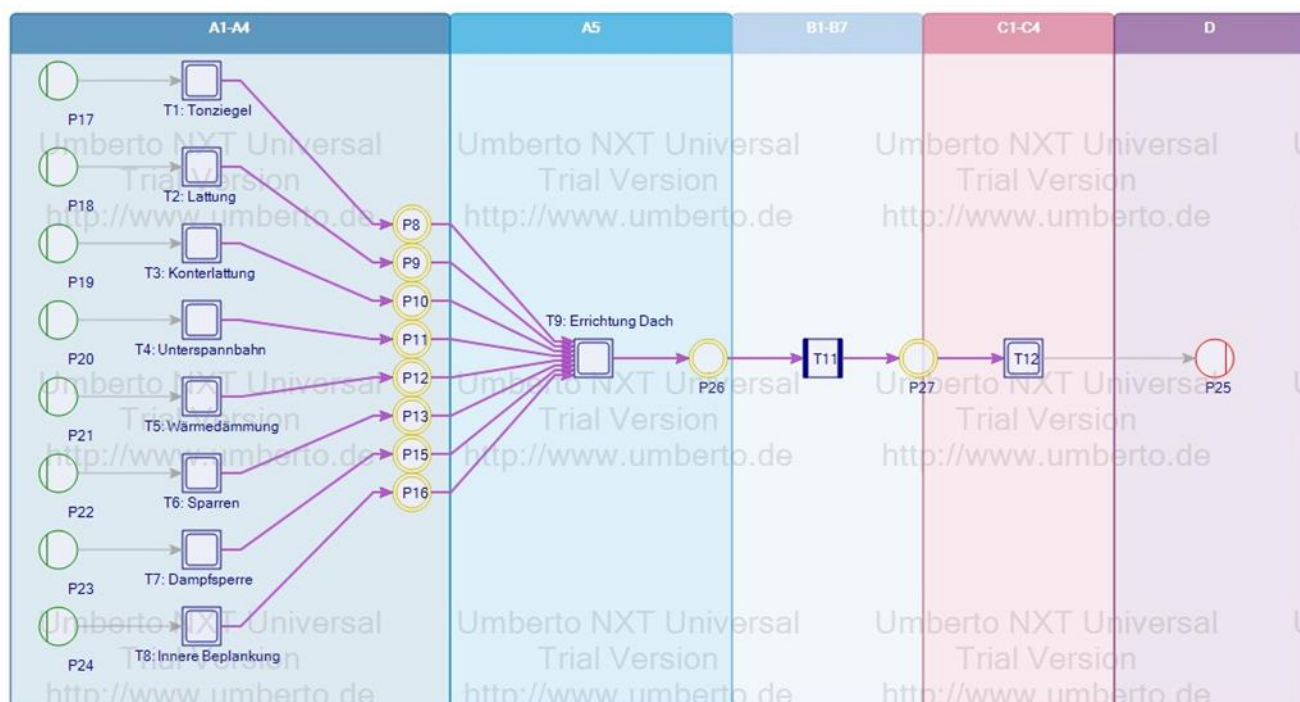


Abb. 28 Gesamtsystembild Stoffstrom Dachkonstruktion, ifu Hamburg GmbH 2014a, Bayer 2014.

Die Stoffstromanalyse im Bereich der Baukonstruktionen bietet noch reichlich Raum für weiterführende Forschungen. Es wurde deutlich, dass eine vollumfassende Modellierung einer Baukonstruktion nur mithilfe von Softwareunterstützung möglich ist. Gleichzeitig ist jedoch die Frage zu stellen, ob nicht Vereinfachungen bei der Abbildung von Stoffströmen möglich sind, die eine Analyse der Stoffströme erleichtern und dabei keine negativen Effekte im Sinne einer Unterschlagung wichtiger Stoffdaten bewirkt. Eine lückenlose Analyse der Stoffflüsse ist aufgrund der hohen Anzahl unterschiedlicher Stoffströme oft nicht möglich, aber auch nicht zwingend erforderlich (Frings op. 1995). Es ist zu überlegen, ob die Stoffstromanalyse von Baukonstruktion in einer Weise systematisiert werden kann, sodass eine Konzentration auf die wesentlichen Stoffströme erreicht wird und damit das Pareto-Prinzip angewendet wird, bei dem zum Beispiel mit 20% des Einsatzes 80% der Wirkung erreicht werden könnte. So besteht die äußere Hülle eines Bauwerks oftmals aus Materialien, die auf mineralischen Rohstoffen basieren. Es wäre denkbar, dass bei derartigen Baukonstruktionen alleine die Recyclingpotentiale dieser Materialien analysiert werden. So könnte der Modellierungsaufwand in hohem Maße reduziert werden. Will man jedoch auf eine Komplexitätsreduktion verzichten, so sollte man die Weiterentwicklung der schon vorhandenen Datenbanken so unterstützen, dass in naher Zukunft für alle gängigen Baukonstruktionen die notwendige Datenbasis erhältlich ist. Zudem bedarf es für eine breitere Anwendung auf behördlicher, praktischer und wissenschaftlicher Ebene weiterer Entwicklung hinsichtlich der Standardisierung von Begriffen und Definitionen (Weber-Blaschke 2009).

Ein Problem ist zudem die Datenorganisation sowie die Modellierung. Hier sind leistungsfähige Softwaretools erforderlich. Die notwendige Einbeziehung weiterer Ebenen und die Ausdehnung des Stoffstromnetzes über die reinen Grenzen des Bauteils oder auch des Stoffes hinaus wurden mit verschiedenen Stoffstromwerkzeugen getestet. Die Funktionen zur System- und Prozesserweiterung die

durch eine bedienerfreundliche Funktionalität vom Autor genutzt wurden sind in dem Werkzeug Umberto NXT von ifu bereits implementiert. Beim Hinzufügen von beispielsweise Transportprozessen der Produktionskette, ergibt sich ein immer differenzierteres Systembild, welches am Ende eine lückenlose Abbildung aller notwendigen Ressourcen und Ströme ermöglicht. Da ein Modell eines Bauteils eine hohe Anzahl solcher vorgelagerter Prozesse beinhaltet, ist diese Funktion geradezu unverzichtbar, will man deren Lebenszyklus vollständig ausmodellieren. Die Stoffstrombetrachtung mittels Spezialsoftware, wie hier vorgestellt, ermöglicht die Einflussnahme auf die verschiedenen Bauteilbestandteile über Produktkonzeption und Herstellung bis zum Rückbau. Sie ist keinesfalls als das Werkzeug der Wahl in der Immobilienökonomie zu sehen. Allerdings können Hersteller und die Forschung Bauteilaufbauten mittels der Stoffstromanalyse optimieren und Konzepte für Rückbau- und Verwertungswege entwickeln.

## 11 Unterstützung für die Entscheidungsfindung im Kontext Management-Konzept-Material

### 11.1 Informationsinstrument Stoffpass

Immobilien- und Bauwirtschaft bieten grundsätzlich gute Voraussetzungen zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten und können im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen schnell eine bedeutende Rolle spielen. Verantwortungsvolles Immobilieninvestment bedeutet, die positiven Effekte zu maximieren und die negativen Effekte auf Gesellschaft und Umwelt von Immobilieneigentum zu minimieren, ebenso von Immobilienmanagement und Entwicklung, konform den Unternehmenszielen und Verantwortlichkeiten. Ingenieure brauchen anwendbare Daten und Werkzeuge, die den Lebenszyklusgedanken, sozialen Anspruch und Ressourceneffizienz entlang der Wertschöpfungskette in die Bauprozesse implementieren. Die besondere Herausforderung besteht darin, die vielfältigen Informationen und den Prozess der Entscheidungsfindung für Entwicklung, Auftragnehmer und Kunden praxisorientiert aufzubereiten, um so ökonomischen Erfolg mit nachhaltigen Produkten zu erzielen.

EPDs werden von Herstellern erstellt, von unabhängigen Experten geprüft und vom Programhalter (Anm. d. V. in Dtlid. IBU) veröffentlicht. Die umfassenden und zugleich detaillierten Informationen bilden einen wichtigen Eckpfeiler in den Gebäudezertifizierungssystemen der DGNB, BNB, BREEAM und LEED (IBU 2014). Der gesamte Lebenszyklus eines Bauprodukts geht in die EPD ein (IBU 2014). In EU regulation, EPDs are considered as the main source of environmental information for assessing the conformity of construction products. (Räty 2012) EPDs communicate environmental information efficiently, but they are not yet widely used. The introduction of the CE mark for construction products and green building certification will probably increase this motivation (Räty 2012). Eine EPD enthält eine Ökobilanz und Aussagen zu:

- Umweltwirkungen (bspw. Treibhauseffekt, Versauerung, Überdüngung, Ozonloch, Sommersmog, Ressourcenknappheit)
- Ressourcen- / End-of-Life Szenarien (Inputflüsse (mit Energie- und Ressourceneinsatz), Outputflüsse, Abfallkategorien)
- Produktverhalten (Emissionen in Innenraumluft, Boden und Wasser)

Dennoch wird die EPD nicht als umfassender Einfluss für eine Entscheidungsfindung gesehen.

In den Verschiedenen Modulen der Ökobilanz werden das Produktionsstadium, der Einbau ins Gebäudesystem, die Nutzungsphase, die Entsorgung sowie das Recycling- und Wiederverwendungspotenzial dargestellt“ (Institut für Bauen und Umwelt e.V. (IBU 2014)). Die Rolle einer Umweltproduktdeklaration ist es:

- Umweltkennzahlen modular bezogen auf eine definierte Menge (declared unit) eines Bauproduktes darzustellen,
- die Szenarioannahmen zu beschreiben, die den deklarierten Umweltkennzahlen zugrunde liegen (damit bei der Bewertung eines Gebäudes geprüft werden kann, ob die Zahlen der spezifischen Situation des zu bewertenden Gebäudes angemessen sind oder die Zahlen für den spezifischen Gebäudekontext neu berechnet werden müssen),
- Angaben zu Emissionen in Boden, Luft und Wasser aus Produktprüfungen auszuweisen.

In Kapitel vier wird der Stoffpass als Informationsinstrument der Projektentwicklung vorgestellt, es steht am Anfang der Projektentwicklung und unterstützt sowohl Marketing als auch eine mögliche Nachhaltigkeitsbewertung im weiteren Verlauf. Dabei kommt leistet der Stoffpass eine ganz wichtige Mittlerfunktion mit den „Laien“ im Bauprozess, dem Endkunden. Er erhält verständliche, begreifbare Informationen zum Ressourcenaufwand des Projekts. Dazu kann er bei entsprechender Informationsaufbereitung die Verteilung der Ressourcenanteile, Recyclinganteile oder Stoffherkünfte erfahren. Der Stoffpass liefert nebenbei wesentliche Basisinformationen für die Sachbilanz aus der dann Ökobilanzen erstellt werden oder Carbon Footprint (CF) für das Corporate Social Responsibility (CSR) reporting.

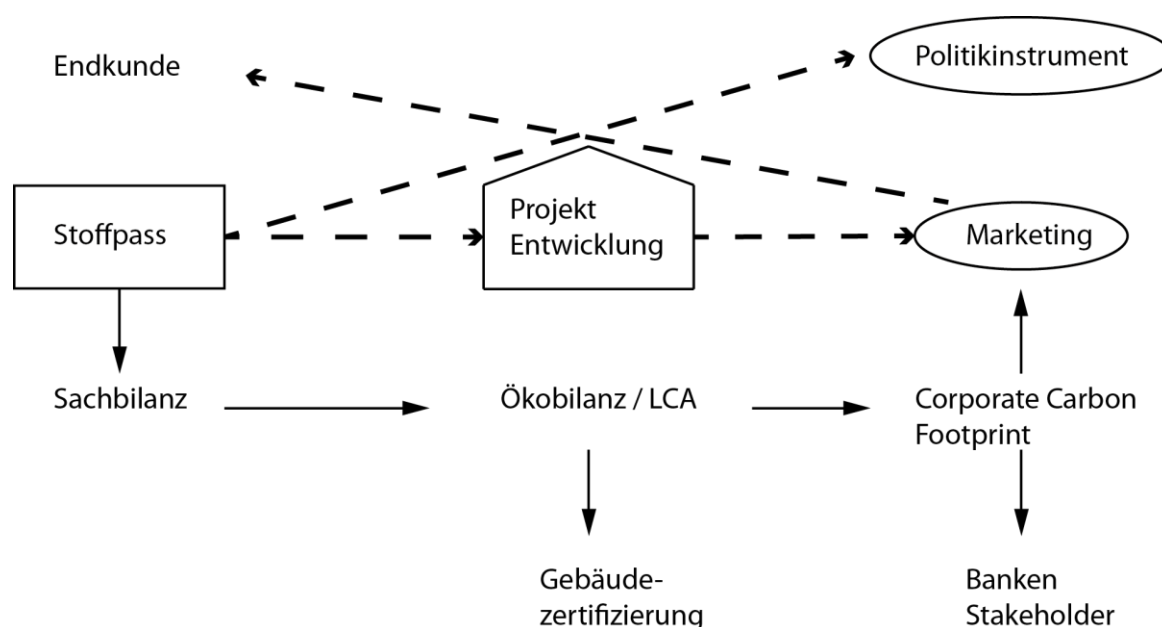


Abb. 29 Stoffpass als Informations- und Steuerungsinstrument von Wirtschaft und Politik

Anhand der Ressourcendefinition des VDI und der Qualifizierung von Stoffen mit Kennzahlen zum Verbrauch an Herstellungsenergie ist ein entscheidender Schritt in der Prozessanalyse geschehen. Denn es werden nicht nur die Rohstoffe und Produkte selbst erfasst, sondern in einem weiteren Schritt bereits auch die zur Rohstoffbereitstellung notwendige Energie. Damit erhält jeder Stoff oder sein verarbeitete Produkte eine Wertigkeit zugewiesen, die den Aufwand zur Bereitstellung beschreibt.

Der Stoffpass kann nun folgendermaßen ausgestaltet werden:

- a. Status quo Dokumentation mit Erfassung der Stoffmengen im Bauwerk (bauwerkspezifisch anwendbar, über den Lebenszyklus mit Fokus auf das Lebensende und die Herstellung des Bauwerks),
- b. Zusätzliche Qualifizierung weiterer Eigenschaften (z.B. Herkunft, Knappheit, Industrial Ecology usw.) über externe Datenquellen (z.B. WECOBIS),
- c. Dezierte Erweiterung um die energetischen (herstellungsspezifischen) Eigenschaften von einzelnen Baustoffen,
  - i. Zwangsläufige Ausweitung der Kennzahlen, da die Komplexität von Produkten sonst kaum abgebildet werden kann,

- ii. Streit um die richtige Datenbasis (bzw. herstellernerneutrale Informationen),
- iii. Frage der Systemgrenzen.

Daraus können verschiedene Schlüsse gezogen werden:

- Genaue Kenntnisse der Gewinnungs- und Verarbeitungsprozesse, Herkunft und Transportwege ist erforderlich,
- Dabei muss beachtet werden, dass die im Stoff vorhandene Energiemenge, sein Heizwert, getrennt von der Verarbeitungsenergie ausgewiesen wird.

Mit der Ergänzung der Stoffmassen um den energetischen Aufwand kommen Verfahren der LCA in die Stoffstromanalyse, wie Abschneidekriterien oder Allokation. Dies führt für den Stoffpass erst einmal über dessen eigentliches Ziel, das in der Erfassung und Dokumentation des Objekts liegt hinaus. Ein solcher Schritt folgt nach der Erfassung der Basisdaten als weitere Interpretation derselben und muss gesondert betrachtet werden.

## **11.2 Diskussion der Case-study Ergebnisse**

Der hier vorgestellte Stoffpass und die in Kapitel 5 entwickelte Methodik zur Stofffassung zielt darauf ab, Aussagen über die nachhaltige Entwicklung durch ein Bauprojekt anhand dessen ökologischer Wirkungsfähigkeit, unter anderem durch effizientere Verwendung von Material oder gezieltem Stoffstrommanagement (resource performance) aufzuzeigen. Dieses ökologische Potential wird im Folgenden mit „BRP“ (building resource performance) abgekürzt. Der Stoffpass beschreibt als Analysetool relevante Materialeigenschaften, Strukturen und benutzt bestehende Prozesse im Zusammenhang Immobilienentwicklung–Investor/Nutzer–Bauprozess. Er verknüpft bestehende Tools zur Bewertung, Kontrolle und Umsetzung (z.B. Ausschreibung, DIN 276, LV, Kosten, EPD, Zertifizierung). Dies geschieht quantitativ (welche Stoffe sind verwendet, wo sind Daten) und qualitativ (welche Wertigkeit nimmt welche Information ein).

### **11.2.1 Fallstudie 1, Projekt HOÄ München**

In mehreren Bauabschnitten entstehen rund 1.000 Wohneinheiten (zwei-Zimmer-Appartements bis zu Fünf-Zimmer-Familienwohnungen). Das Wohnquartier teilt sich in 80 Prozent Geschosswohnungen sowie rund 20 Prozent Reihenhäuser und Doppelhaushälften auf. Ein 30-prozentiger Anteil des neu geschaffenen Baurechts für Wohnen ist für den geförderten Wohnungsbau vorgesehen, davon zwei Drittel als öffentlich geförderter Mietwohnungsbau und ein Drittel im München Modell. Für jede Wohneinheit ist ein Tiefgaragenstellplatz vorgesehen. Neben den vielfältigen Wohnformen sind Einzelhandel, sowie großzügige, öffentlich zugängliche Grün- und Freiflächen in die Planung der Quartiersentwicklung integriert. Private Gärten, Balkone und Dachterrassen sollen Rückzugsmöglichkeiten bieten. Der Bauabschnitt WA 7.1. soll in Holz- oder Holzverbundbauweise entstehen. Es werden circa 35 Wohneinheiten als verdichteter Einfamilienhaus-/ Geschoßwohnungsbau realisiert werden. Dafür wurde ein Architektenwettbewerb konzipiert, ausgelobt und durchgeführt.

## Pläne, Details, (System)



Abb. 30 Projekt A Grundriss

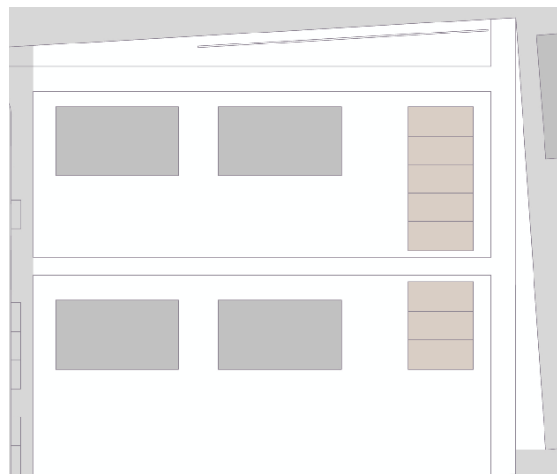


Abb. 31 Projekt B Grundriss



Abb. 32 Projekt D Grundriss

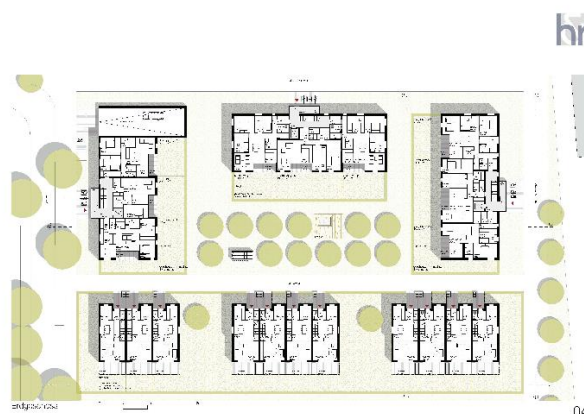


Abb. 33 Projekt C Grundriss

## Basisdaten

Die materialbezogenen Basisdaten wurden aus dem Bereich der Baustoff- und Gebäudedaten des Informationsportals Nachhaltiges Bauen entnommen. Die im Wesentlichen verwendeten Datenquellen waren WECOBIS in der jeweils aktuellsten Internetfassung, die Ökobaodat, und bedingt auch Umweltproduktdeklarationen des Instituts Bauen und Umwelt.







## Stoffinventar der Hauptkonstruktionen

Tab. 15 Auszug aus Stoffmassenliste je Bauteil der Fallstudie HOÄ.

Außenwand	Masse[kg/m <sup>2</sup> ]	Verbaute Gesamtmenge [kg] (Fläche x Masse)	Anteil an Gesamtmenge %
Summe	85,3987	244408,52	100,00%
<b>Fenster</b>			
Summe	38,3	33701,91	100,00%
<b>Außentür</b>			
Summe	14,3	1187,68	100,00%
<b>Geschossdecke</b>			
Summe:	259,137	1126595,52	100,00%
<b>Dach</b>			
Summe:	155,525	213462,73	100,00%

## Synopse der Vorentwurfsalternativen

Tab. 16 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 [m <sup>2</sup> ]	4554,99	5872	5501,7	5114
WF [m <sup>2</sup> ]	3634	5201,4	5222,7	3460
GST [m <sup>2</sup> ]	8435	8435	8435	8435
M/BGF [kg/m <sup>2</sup> ]	355,51	347,25	373,59	471,89
M/WF [kg/m <sup>2</sup> ]	445,61	392,02	393,54	697,48
M/GST [kg/m <sup>2</sup> ]	191,98	241,74	243,67	286,10
M = Masse, BGF = Bruttogeschosßfläche, WF = Wohn-/Nutzfläche, GST = Grundstücksfläche des Baufeldes				

## Detailanalyse von Konstruktionen

Tab. 17 Massenbilanz der Holzbau Außenwand

Konstruktionsaufbau der Außenwand		Fläche: 628,39 m <sup>2</sup>
Nr.	Stoffinhalte:	Massen am Gebäude [kg]
1	Gipskarton	7069,39
2	Brettspertholz-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
<b>Summe:</b>		<b>49853,85</b>

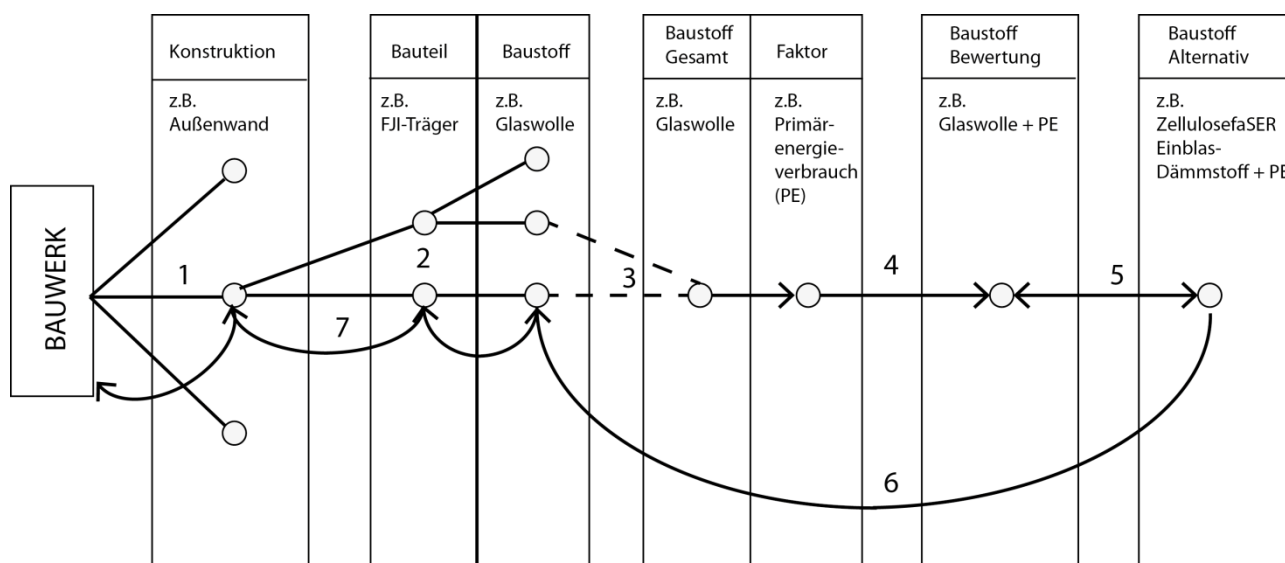


Abb. 34 Allgemeine Vorgehensweise der Analyse der Konstruktionen sowie deren Bewertung.

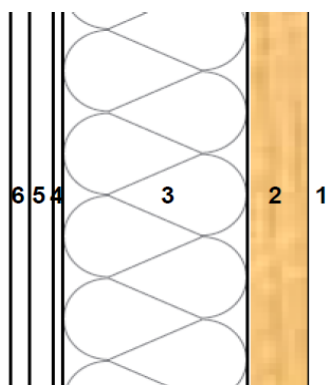


Abb. 35 Detailausschnitt Außenwand Holzbau, Fallstudie 1.

Tab. 18 Baustoffe Holzbau Außenwand, Fallstudie 1.

	Material	Menge in [Kg]	Masse Fraktionen [Kg]	Nachnutzungs-kategorie
1	Gipskarton	7069	25764	C
2	Brettspertholz-Massiwand	18695		
4	Steg Träger gedämmt	3810	3810	C
8	Glaswolle (Dämmung)	4289	4289	A*
9	Holzfaser-dämmplatte	7420	15991	B
10	Fichtenholz (Konterlattung)	829		
12	Lärchenschalung	7742		
	<b>Summe:</b>	49854		

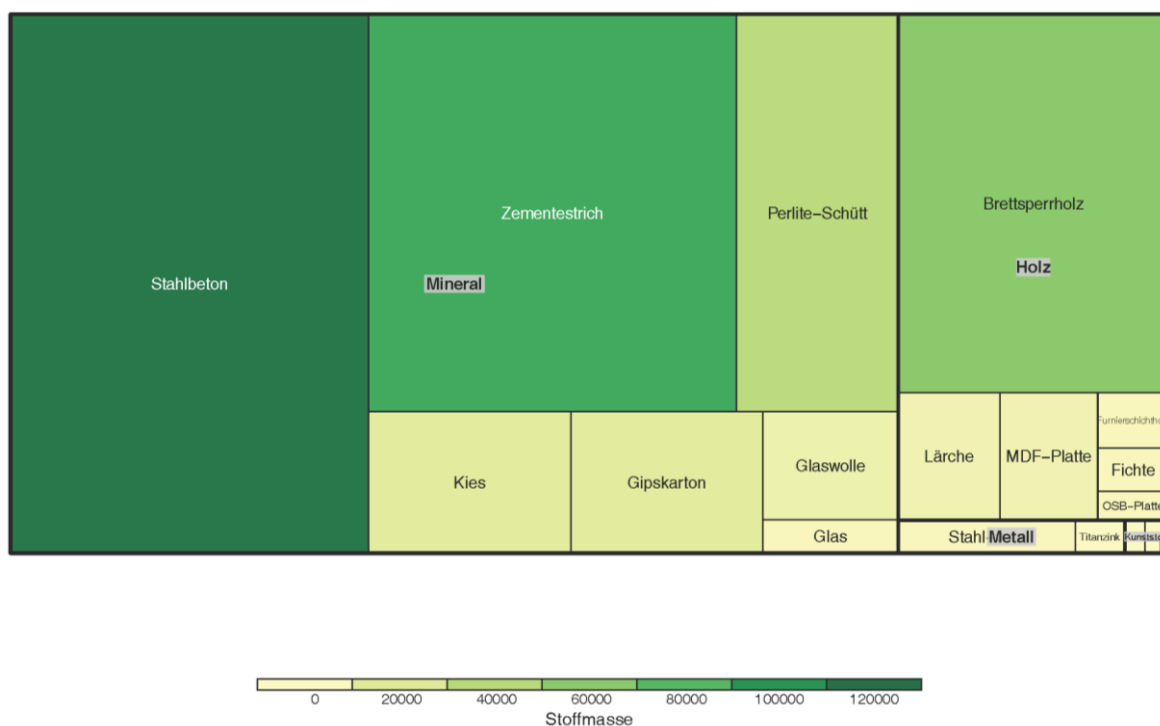


Abb. 36 Auswertung der Stoffmassen von Fallstudie 1 in einer treemap. Grafik in der proportional zur Masse die Fläche und Gruppe am größten ist, eigene Darstellung [Ott].



Abb. 37 Fallstudie 1 als Treemap für die Energiedichte zeigt PEI nicht erneuerbar je Stoffmasse und somit die Verteilung höchsten Energieinhalte der unterschiedlichen Stoffe, eigene Darstellung [Ott].

## Ergebnisse

### Immobilienökonomie:

Auf Basis der Wettbewerbsgrundlagen, die auf klassischen Kriterien (Pläne, Flächenermittlungen, Kostenschätzungen) beruhen, ist es durchaus möglich, Aussagen zum Ressourcenverbrauch treffen und beurteilen zu können. Als funktionierende Indikatoren wurden die von uns als Stoffmassen-Fußabdruck bezeichnete Einheit Stoffmasse pro Bruttogeschossfläche bzw. Stoffmasse pro Wohnfläche als praktikabel erachtet. Durch weiteres Ausdifferenzieren können verschiedene Stoffe und auch ihre Verwertungswege nach dem Rückbau aufgezeigt werden. Somit kann ein pauschaler Vergleich von Alternativen erfolgen, der durch weitere Projekte zu firmeninternen Standards entwickelt werden kann.

### Konstruktiv:

In konstruktiver Hinsicht kann man mehrere Beobachtungen als Ergebnisse festhalten. Die materialgerechte Planung zeigt ihre Wirkung auch in der Effizienz der eingesetzten Stoffe. Man kann vermuten, dass material- und herstellungsgerecht eingesetzte Stoffe die stoffeffizientere Baukonstruktion ergibt. Ferner ist die Stoffvielfalt eine Qualität, die beurteilt werden kann. Daraus können Rückschlüsse auf die Komplexität der Aufbauten getroffen werden, sowie auf deren späteren Verwertungsmöglichkeiten. In einer Reduzierung der Stoffvielfalt liegt die Qualität der Konstruktion aufgrund einer einfacheren Abfallbehandlung, die noch von der möglichen Trennbarkeit abhängt. Es gilt, einerseits weniger Stoffe anzustreben, andererseits, die Trennbarkeit möglichst einfach zu gestalten.

### Stoffstrom-Perspektive:

Es ist möglich, die dem Planungsstand entsprechende Anzahl, Zusammensetzung und Massen an Stoffen festzustellen. Das heißt, die Identifizierbarkeit der einzelnen Stoffe funktioniert schon in der frühen Planungsphase. In Abhängigkeit der Planungsphase bestehen Schwankungsbreiten in den Ergebnissen der Stoffmassen und auch der Stoffzusammensetzung. Auf dieser Basis kann eine Ökobilanz aufgestellt werden, allerdings nicht qualitativ durchgeführt werden. Herkunft, Wertschöpfungskette und weitere Verbindungen zwischen Bauteilen, Materialschichten und Baustoffschichten sind nicht eindeutig festgelegt. Dadurch können nur unter Annahmen Aussagen zur Rückbaubarkeit, Recyclingfähigkeit und Entsorgung vorgenommen werden.

## 11.2.2 Fallstudie 2, Projekt TeLA, München

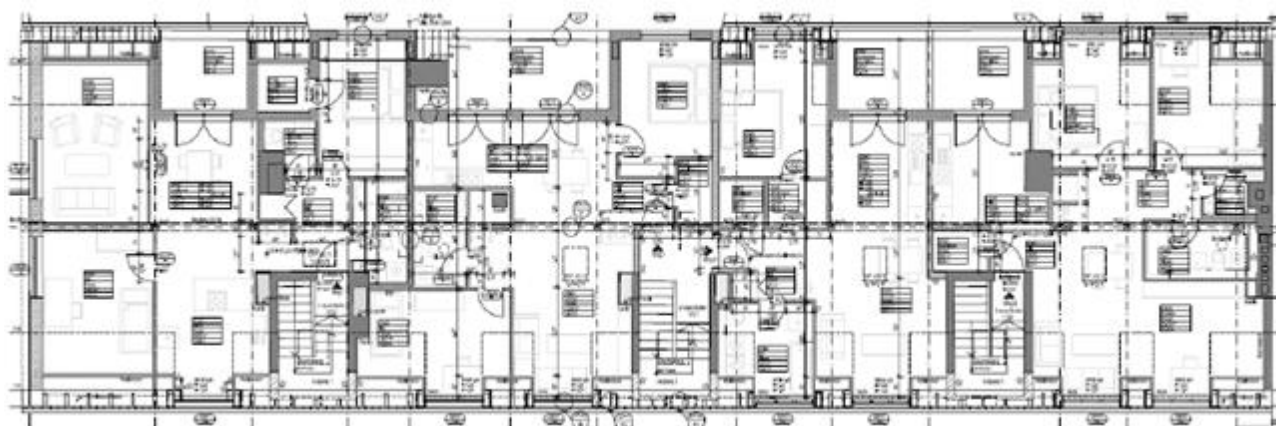
Standort: Tegernseer Landstraße, München

Baujahr: 1954, 2014

Das Gebäude ist ein Teil des L-förmigen Gebäudekomplexes an der Ecke Tegernseer Landstr. 11 und der St.- Bonifatius-Str. 12. Der Gebäudeteil an der Tegernseer Landstr. 11 besteht aus drei Aufgängen mit insgesamt 35 Wohnungen, zwei Gaststätten, zwei Läden und liegt im Geltungsbereich der Erhaltungssatzung. Die Fassade, die Fenster Innenhof und das Treppenhaus bedürfen dringend einer Sanierung. Der Dachgeschossausbau sieht derzeit eine Wohnfläche von gesamt ca. 314 m<sup>2</sup> vor. Bei dem aufzustockenden Objekt handelt sich um ein bestehendes Wohn- und Geschäftshaus Baujahr 1958 mit 6 Vollgeschossen ( KG, EG, 1. – 5. OG und DG) und einem teilweise ausgebauten Dachgeschoss. Das

Gebäude ist in Massivbauweise erstellt, Gebäudehöhe ca. 21.80 m. Im Erdgeschoss befinden sich Läden und eine Gaststätte, im 1. – 5. OG sind insgesamt 35 Wohneinheiten untergebracht. Das Dachgeschoss ist derzeit nur teilweise ausgebaut, der restliche Teil wird als Trockenspeicher genutzt. Im Zuge der Maßnahme soll das gesamte Dachgeschoss ausgebaut werden. Insgesamt sind 4 neue Wohneinheiten geplant.

### Pläne, Details, (System)



*Abb. 38 Grundriss Dachaufstockung Fallstudie 2, TeLA.*

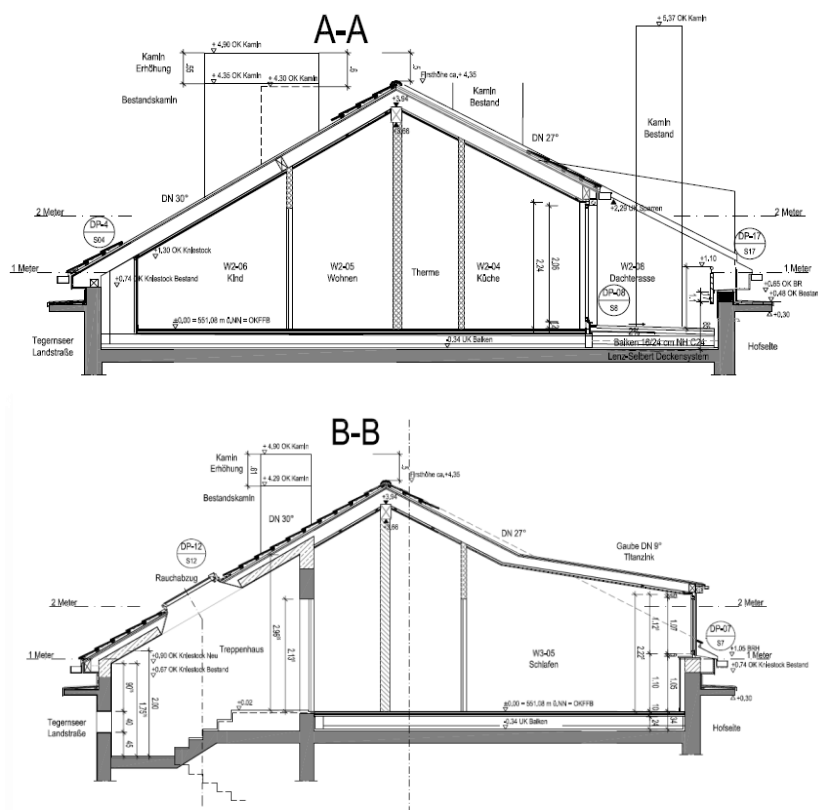


Abb. 39 Querschnitte von Fallstudie 2.



Abb. 40 Foto von Fassadeituation und Baustelle der Fallstudie 2.

### Basisdaten (Stoffinventar)

Wie schon für die Analyse der Fallstudie 1 wurden die materialbezogenen Basisdaten aus dem Bereich der Baustoff- und Gebäudedaten des Informationsportals Nachhaltiges Bauen entnommen. Die im Wesentlichen verwendeten Datenquellen waren WECOBIS in der jeweils aktuellsten Internetfassung, die Ökobaudat, und bedingt auch Umweltproduktdeklarationen des Instituts Bauen und Umwelt.

## Stoffinventar der Konstruktionen

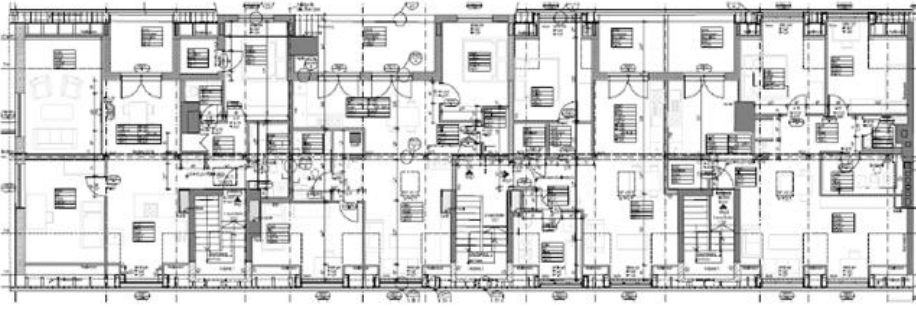
Ausführungsplanung	
	
Masse [kg]	142911,58
Diversität	
Hauptbaustoffe:	
Glas [kg]	1450,64
Gummi [kg]	
Holz [kg]	22639,80
Kunststoff [kg]	1382,5
Metall [kg]	32873,33
Mineral [kg]	107627,25
BGF [m <sup>2</sup> ]	459,745875
WF [m <sup>2</sup> ]	314
M/BGF [kg/m <sup>2</sup> ]	310,85
M/WF [kg/m <sup>2</sup> ]	455,13
M = Masse, BGF = Bruttogeschossfläche, WF = Wohn-/Nutzfläche	

Abb. 41 Stoffinventar Dachrückbau und -aufstockung, Fallstudie 2

## Detailanalyse von Konstruktionen

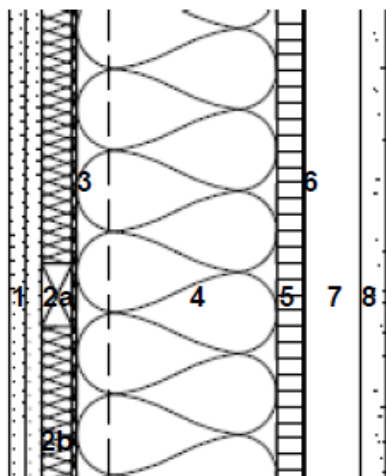


Abb. 42 Detailausschnitt Außenwand Dachaufstockung von Fallstudie 2



Tab. 19 Konstruktive Bewertung Außenwand Dachaufstockung

	Material	Masse [Kg]	Masse Fraktionen [Kg]	Nachnutzungs-kategorie
1	Gipskarton 2 x 12,5 mm	2115	2322	D
	2a Fichtenholz (Installationsraum)	207		
	2b Glaswolle (Zwischenraumdämmung)	47	47	A*
3	Polyethylen (Dampf- und Windsperre)	26	3506	C
	4a Holzständer für Wärmedämmung	3500		
	4b Glaswolle (Wärmedämmung)	376	376	A*
5	Massivholzplatte (Schalung)	658	883	C
6	Polyethylen (Unterspannbahn, diffusionsoffen)	18		
7	Nadelholz: Fichte (Konterlattung 30x50 mm)	207		
8	Faserzementtafel (Putzträgerplatte)	3195	3195	B
	<b>Summe</b>	<b>10349</b>		

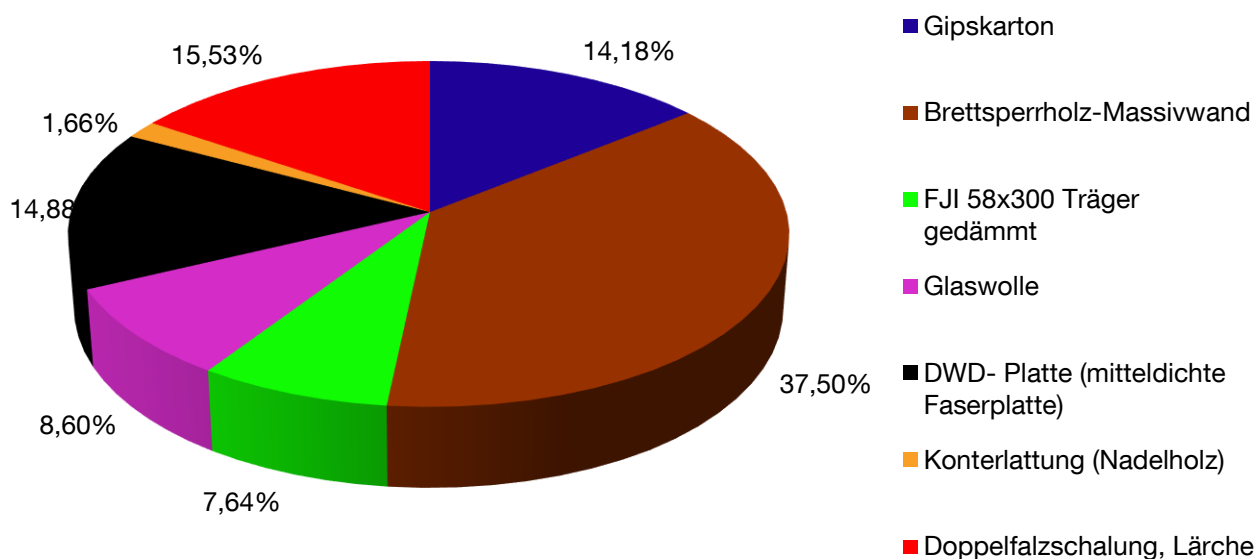


Abb. 43 Masseverteilung des Wandaufbaus Holzbau, Wilhelm 2014

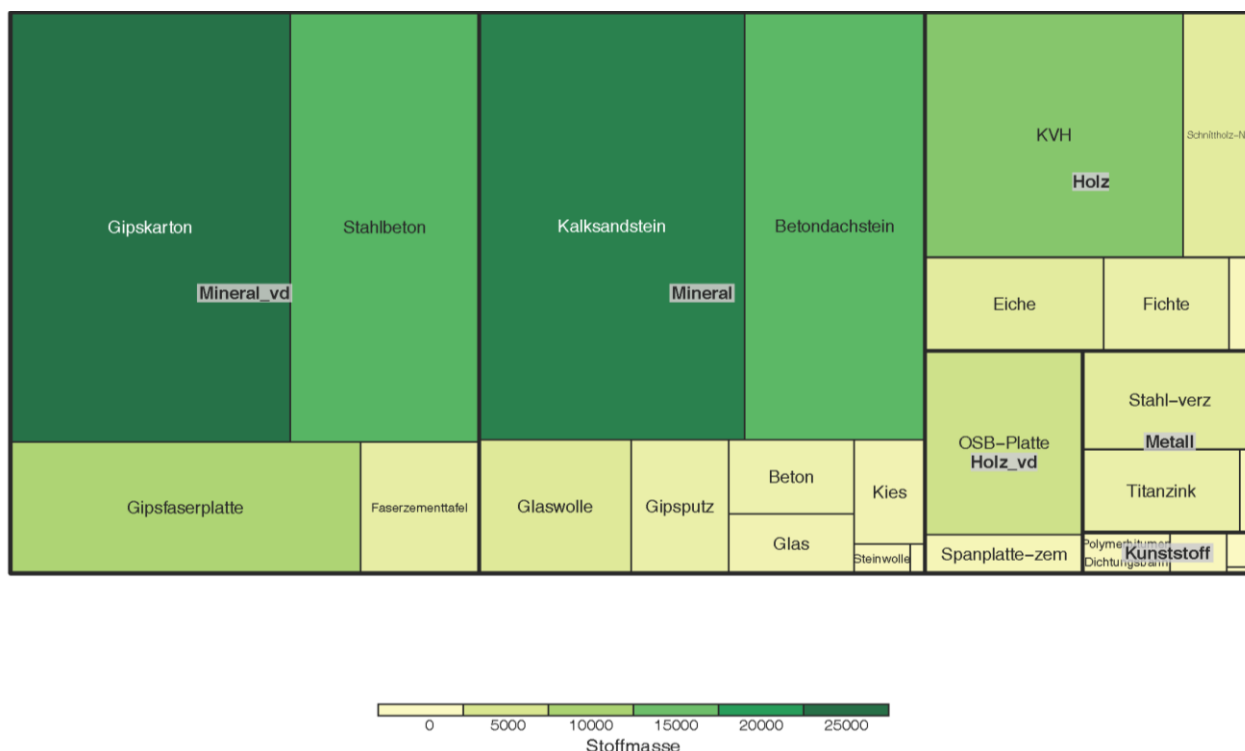


Abb. 44 Fallstudie 2 als Treemap der Stoffmassen nach Bauprodukthauptgruppen, eigene Darstellung [Ott]

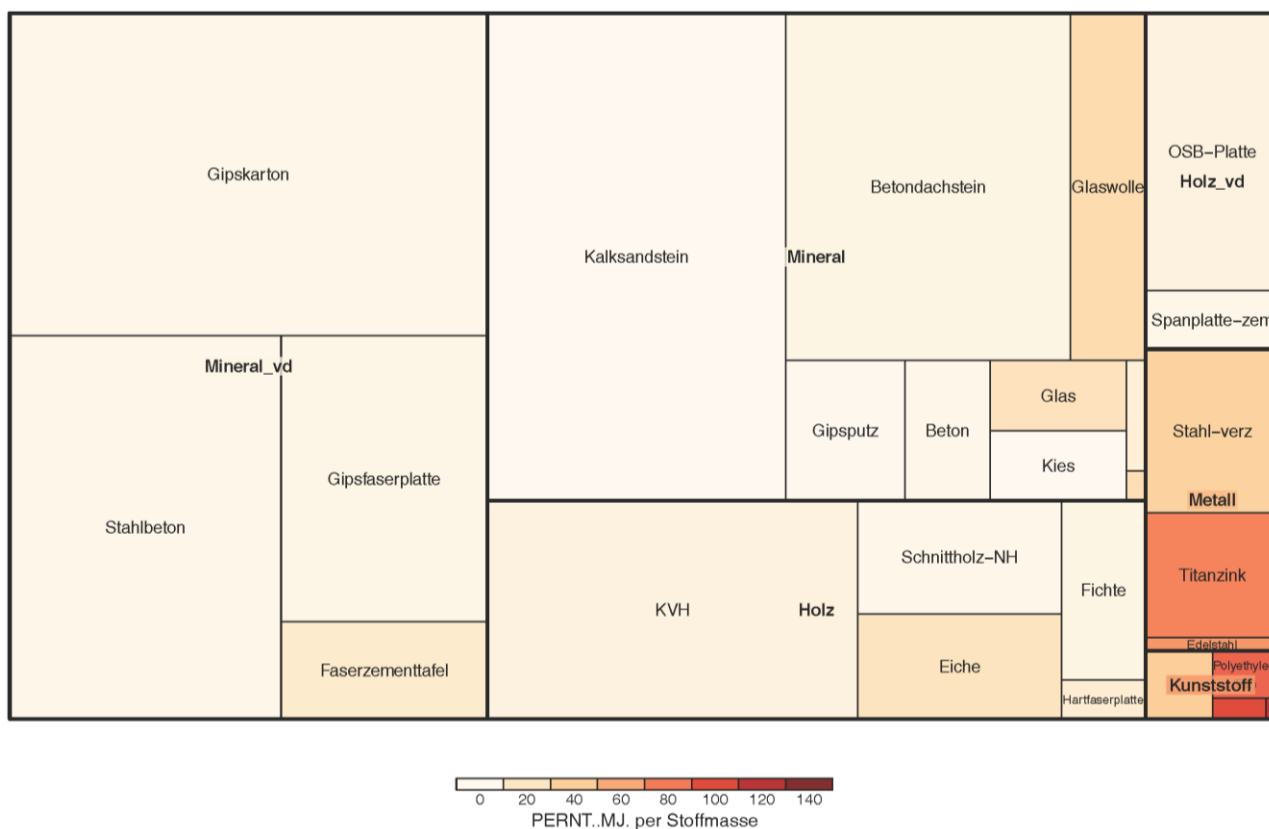


Abb. 45 Fallstudie 2 als Treemap für die Energiedichte zeigt PEI nicht erneuerbar je Stoffmasse und somit die Verteilung höchsten Energieinhalte der unterschiedlichen Stoffe, eigene Darstellung [Ott]

## Ergebnisse (Diagramme)

### Immobilienökonomie:

Entsorgungsnachweise sind noch kein selbstverständliches Dokument im normalen Bauablauf. Nachweise können einfach vorliegen, dies kann weiter etabliert werden. Die Implementierung von Information zu Entsorgung und Recycling ist eine einfache, in die Baumanagement-Prozesse zu integrierende Information, die durch gute Dokumentation geleistet werden kann und einen Schritt zur ressourcengerechten Baupraxis darstellt. Ebenso kann die Rückbaubarkeit in die Baupraxis durch Integration von entsprechenden Prozessen in den Bauablauf optimiert werden. Dies wird mit Kosten verbunden sein, so lange, bis die Entsorgung anders bepreist sein wird von Seiten der Gesetzgebung.

### Konstruktion:

Der Ausbauprozess und ein selektiver Rückbau sowie entsorgungsoptimierter Gebrauch von Materialien nach Trennbarkeit ist noch kein Bestandteil des normalen Bauablaufs. Ein auf Wiederverwendbarkeit und Recyclinggerechtigkeit fokussierter Rückbau findet im normalen Ablauf nicht statt. Der Fokus liegt momentan auf einer möglichst günstigen Entsorgung.

### Stoffstrom-Perspektive:

Nachgeschaltete Entsorgungswege oder Verfahren zum Wiedereinsatz als Primärstoffen sind nicht mehr nachvollziehbar, da das Material nicht katalogisiert auf einer Zwischenhalde landet, bis es zu einem möglichst guten Preis verkauft werden kann. Dadurch fehlt jegliche Dokumentation.

## 11.2.3 Rückbau beider Fallstudien

### Grundlagen und Vorgehensweise

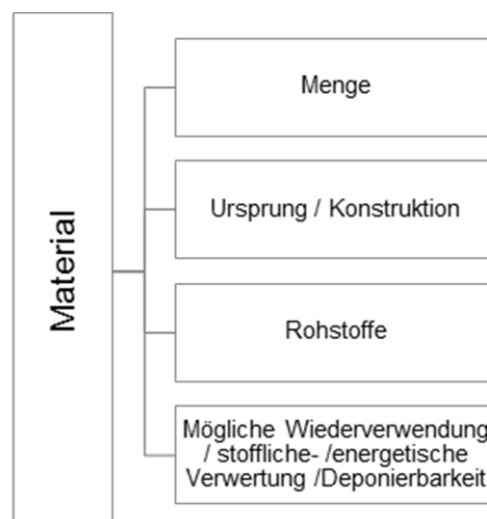
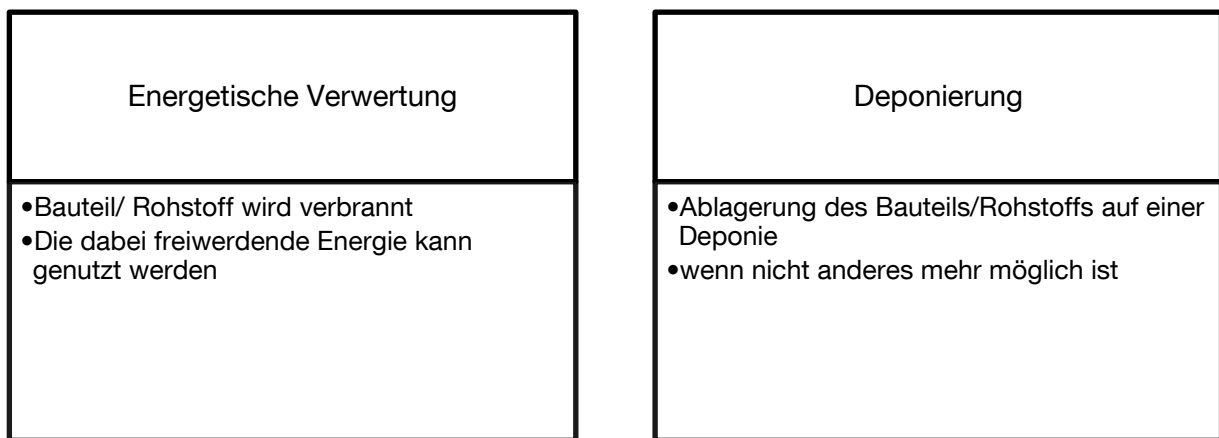


Abb. 46 Vorgehen stoffliche Analyse, Grill 2014



*Abb. 47 Möglichkeiten der Nachnutzung, Grill 2014*

Das Vorgehen der Analyse des Rückbaus und der Stoffverwertung ist angelehnt an die Basisszenarien des KrWG wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

*Tab. 20 Basisszenarien des KrWG*

A	Wiederverwendung / Ersatz für Primärrohstoff möglich
B	Einsatz als Recycling-Baustoff möglich (= downcycling)
C	Thermische Verwertung
D	Deponierung

Die tatsächlichen Rückbaumengen von Fallstudie 2 nach Stoffen sortiert. Diese Daten konnten aus den Übernahmescheinen des Entsorgungsunternehmens entnommen werden. Daraus resultiert auch die folgende Grafik mit der Verteilung der zu entsorgenden Stoffe auf die vier Abfallkategorien nach KrWG. Bei der Verteilung ist die sehr hohe Menge des wiederverwertbaren Anteils zu erkennen. Durch diese Zuordnung wird allerdings nicht ersichtlich in welchem Zustand die Wiederverwertung stattfindet und angesichts heutiger Recyclingverfahren dürfte im Wesentlichen von einem downcycling auszugehen sein.

Tab. 21 Rückbaustoffe Dachabbruch, Grill 2014

Bauprodukte	Menge in m³
Bauschutt	30
Gasbeton	47
Rigips	24
Rigips und Gasbeton	10
Rigips und Heraklit	7
Asphalt	7
KMF/Dämmmaterial	7
Mischschrott	7
Gemischte Baustellenabfälle	7
Holz	7
<b>Gesamt</b>	<b>153</b>

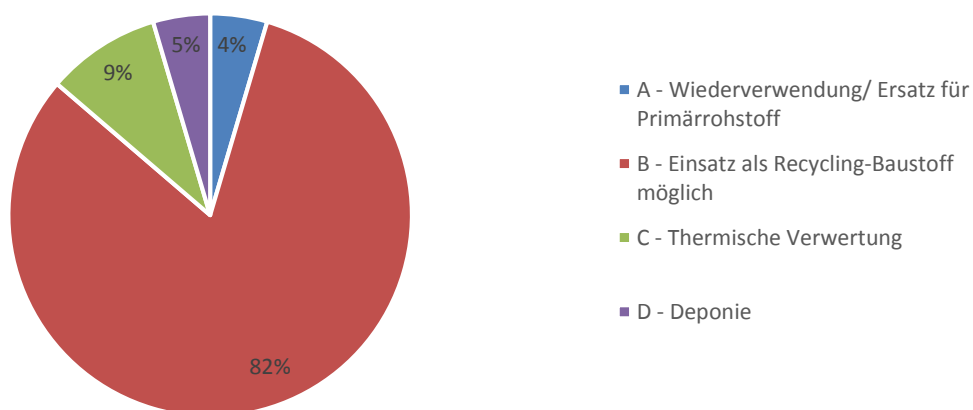


Abb. 48 Anteile Nachnutzungskategorien bei der Entsorgung des Dachabbruch, Grill 2014.

Tab. 22 Entsorgungsnachweise der Fallstudie 2 mit Entfernung zum Entsorger

Material	Entsorgerstelle	Distance [km]*		Himmelsrichtung [von Startpkt aus gesehen]	[to]	Summen
Asbesthaltige Baustoffe	AWM Entsorgungspark Freimann	14,7	14,7	Nord	1,97	1,97
Altholz IV	AR-Recycling GmbH, Garching	16,2	16,2	Nord	16,36	16,36
KMF-Dämmmaterial	AWM Entsorgungspark Freimann	14,7	14,7	Nord	11,51	11,51
Teerkork	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**	0	Nord	58,02	58,02
Altholz I-III	Kauschinger Rohstoffhandel GmbH	9,6**	0	Nord	58,75	58,75
Asphalt teerfrei	Asphaltemischanlage Gilching gem. Analytik BSP11, BSP12, BSP20	25	25	West	61,08	68,74
	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG gem. Analytik BPS11, BSP12, BSP20	17**		Nord	7,66	
Baumischabfälle	Kauschinger Rohstoffhandel GmbH	9,6**	0	Nord	70,17	76,05
	Thyssen Dück Rohstoffhandel GmbH & Co.KG	12,5**		West	3,84	
	Preimesser Recycling-Fachbetrieb	31,2**		Süd	0,38	
	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**		Nord	1,66	
Dachpappe teerhaltig	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**	0	Nord	23,46	23,46
Estrich	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**	0	Nord	53,79	53,79
Gipskarton	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**	0	Nord	119,14	119,14
Gipssteine	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**	0	Nord	121,17	121,17
Gussasphalt	BTU Hartmeier Entsorgung GmbH & Co.KG	17**	0	Nord	12,24	12,24
Bauschutt Z1.2	Grube Schiltberg gem. Analytik MP BSW	52,2	52,2	Nord	692,5	692,5
Bauschutt Z1.1	Grube Allenberg MP Bohrgut	64,9	64,9	Nord-West	283,18	283,18
Bauschutt Z 1.1	Grube Allenberg MP Bohrgut 2	64,9	64,9	Nord-West	421,1	4399,88
	Fackler GmbH, Grasbrunn MP BS-6, BS-19, BS-20, BS-21;BS-22;BS-23	19,7		Süd-Ost	3978,78	
Bauschutt	Ganser Entsorgungsbetriebe, Kirchstockach	18,8	65,2	Süd	51,82	
	Recycling Werk Ebenhöf Gerharding	20,8		Ost	14774,17	
	NoJa GmbH, Kieswerk Jais, Gilching	25,6		West	319,54	15145,53
Beton	MP BS7, MP BS8, MP BS10, MP BS11, MP BS12	20,8	41,6	Ost	4542,94	4570,72
	Recycling Werk Ebenhöf Gerharding Bohrschablone	20,8		Ost	27,78	
Boden Z1.1	Grube Allenberg MP Bohrgut3	64,9	64,9	Nord-West	179,42	179,42
Boden Z1.2	Grube Schiltberg MP Hinterfüllung	52,2	208,8	Nord	597,6	
	Grube Schiltberg PGA13/1038 "Tankli"	52,2		Nord	216,22	
	Grube Schiltberg MP-BO 3	52,2		Nord	591,36	
	Grube Schiltberg MP-A-Rampe	52,2		Nord	978,24	2383,42
Aushub	Ebenhöh GmbH & Co. KG MP Bohrgut 4	20,8	20,8	Ost	6554,96	6554,96
Rotlage	Fackler GmbH, Grasbrunn	19,7	19,7	Süd-Ost	1292,24	1292,24
HDI Rücklauf	Recycling Werk Ebenhöf Gerharding gem. Analytik MP 6 HDI	20,8	46,4	Ost	521,34	2044,2
	NoJa GmbH, Kieswerk Jais, Gilching	25,6		West	1522,86	
<b>Mengenart-Summe</b>						<b>38167,25</b>

\*Es wurde der kürzeste angezeigte Fahrtweg auf Google Maps angenommen. Nicht befahrbare Straßen für LKW sowie Verkehrsbehinderungen/Umlenkungen aufgrund Baustellen o.Ä. zu diesem Zeitpunkt wurden nicht berücksichtigt

\*\* Keine genaue Adresse angegeben deshalb Filiale kürzeste Distanz zur Baustelle angenommen

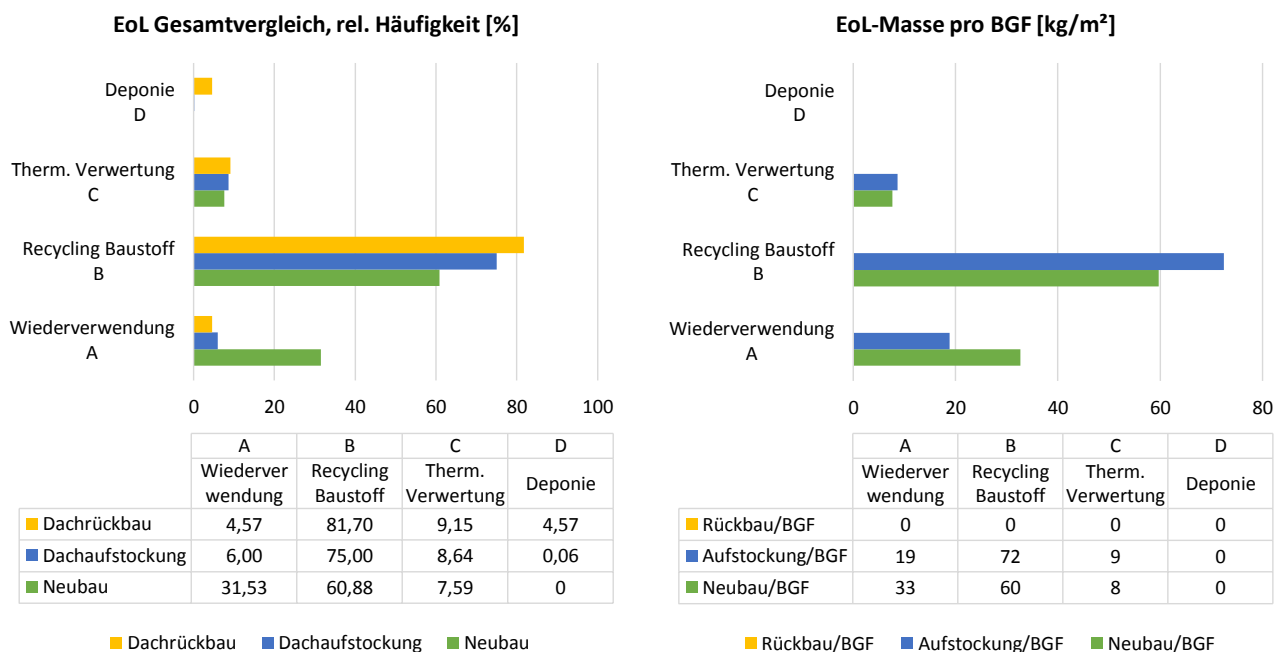


Abb. 49 Ergebnis der End-of-life Szenarien für beide Fallstudien, links in rel. Häufigkeit [%], rechts in Masse/BGF [kg/m<sup>2</sup>]

### Modellierung des selektiven Rückbaus beider Fallstudien

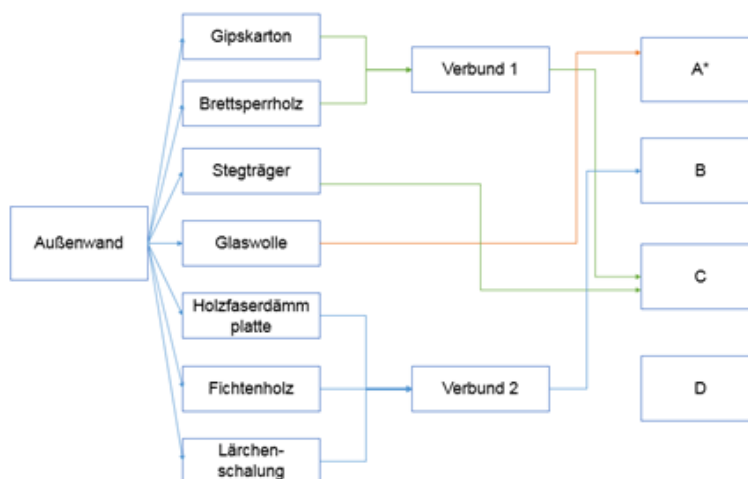


Abb. 50 Modell des selektiven Rückbaus des Außenwandaufbaus der Fallstudie 1, Grill 2014

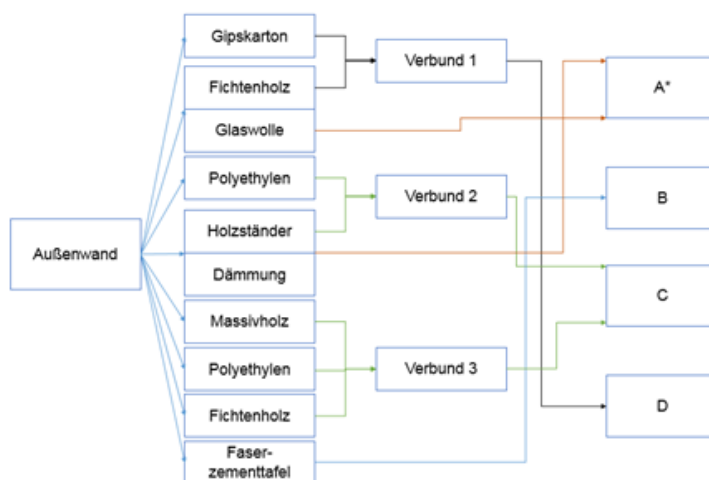


Abb. 51 Modell des selektiven Rückbaus des Wandaufbaus der Fallstudie 2, Grill 2014

### Ergebnisse für selektiven Rückbau in der Synopse

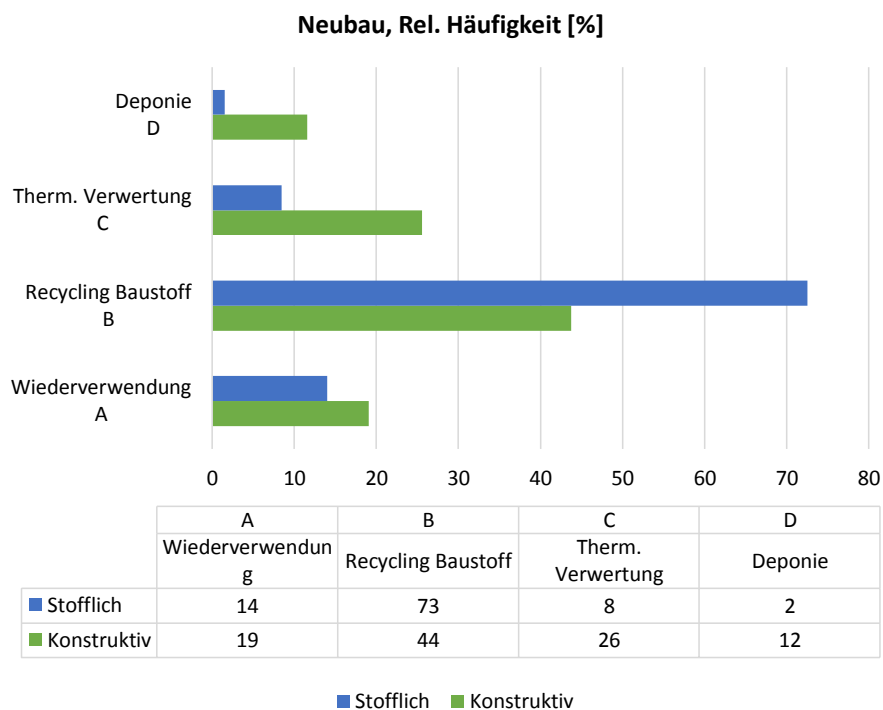


Abb. 52 Synopse des Entsorgungsszenarios nach Stoffen gegenüber dem konstruktiv orientierten, selektiven Szenarios mit Berücksichtigung der Einbausituation



### 11.2.4 Kosten rückbaugerechter Konstruktionen

Das Kostenrisiko umweltentlastender Konstruktionen wird gerne als Totschlagargument geführt und ausgehend von Einzelbeispielen nicht differenziert genug betrachtet. Wenn eine Konstruktion ressourceneffizienter ist, ist sie per se auch kostengünstiger, denn der reduzierte Aufwand pro Nutzen ist als ein wesentliches Ergebnis der Effizienzverbesserung zu werten.

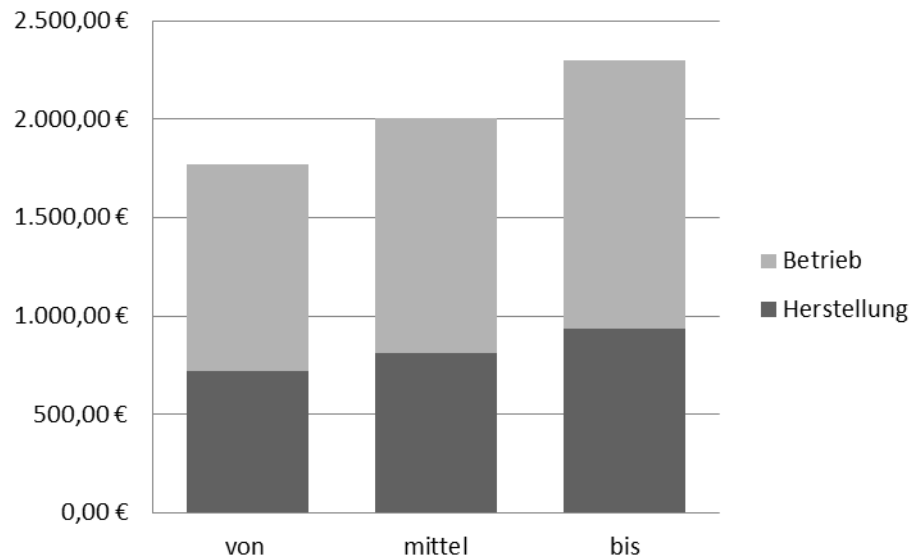


Abb. 53 Gesamtkosten Holzaußenwand mit überwiegend nachwachsenden Rohstoffen (d.h. kleine Anteile Kunst- & Mineralstoffe verbaut), Kroll 2014

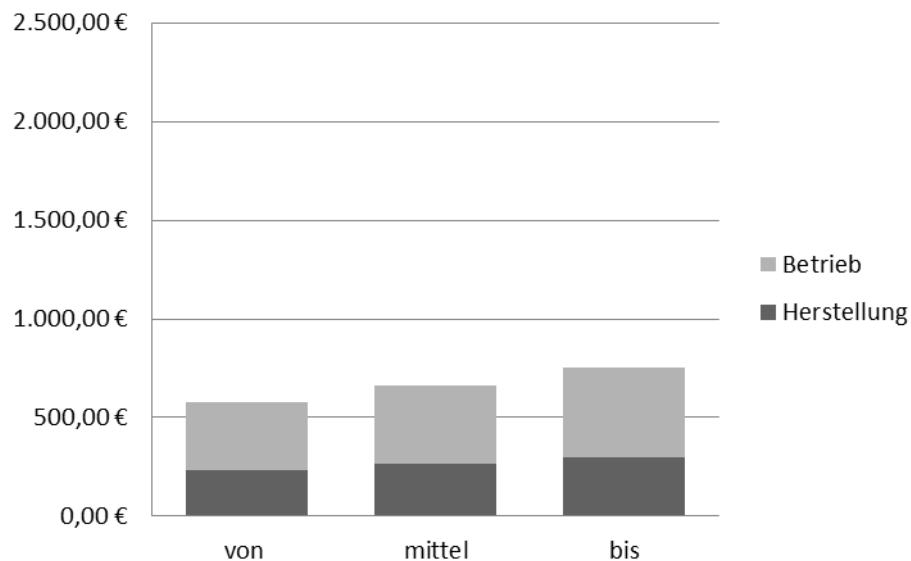
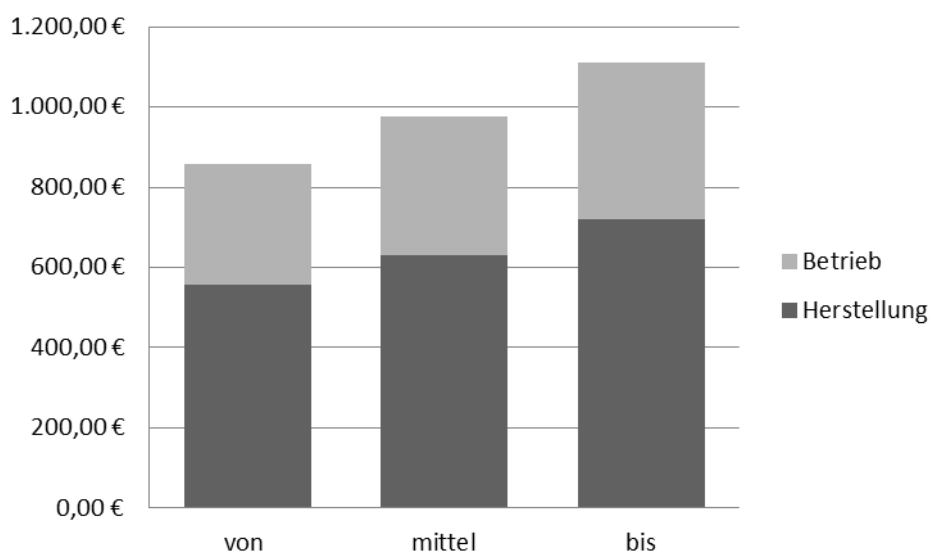
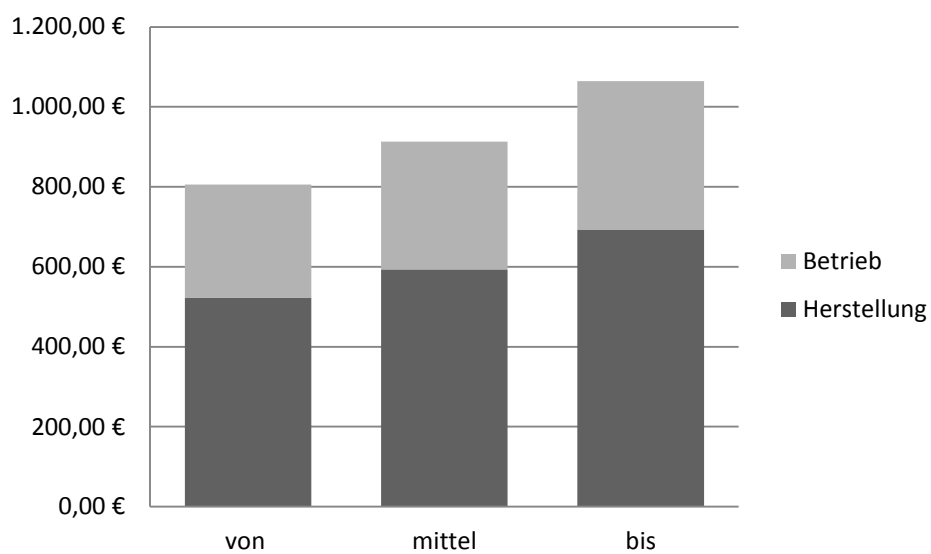


Abb. 54 Gesamtkosten Holzaußenwand mit bedingt nachwachsenden Rohstoffen (d.h. wenig Anteil nachwachsende Rohstoffe), Kroll 2014



*Abb. 55 Gesamtkosten Holzboden mit überwiegend nachwachsenden Rohstoffen (d.h. kleine Anteile Kunst-& Mineralstoffe verbaut), Kroll 2014*



*Abb. 56 Gesamtkosten Holzboden mit bedingt nachwachsenden Rohstoffen (d.h. wenig Anteil nachwachsende Rohstoffe), Kroll 2014*

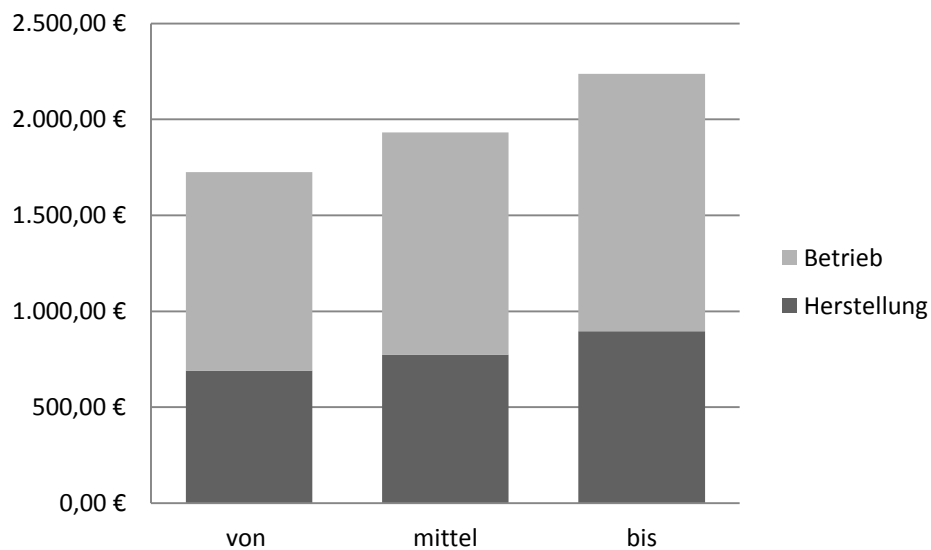


Abb. 57 Gesamtkosten Holzdach mit überwiegend nachwachsenden Rohstoffen (d.h. kleine Anteile Kunst-& Mineralstoffe verbaut), Kroll 2014

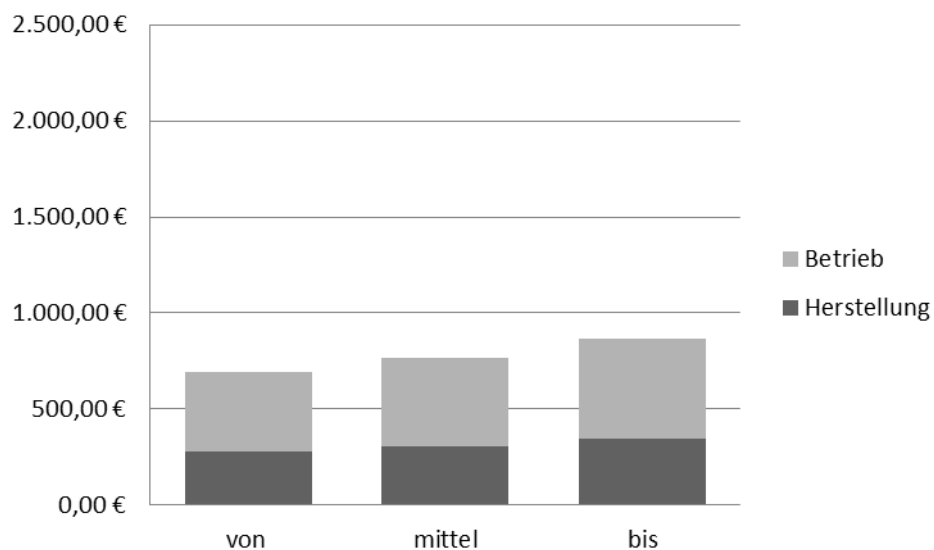


Abb. 58 Gesamtkosten Holzdach mit bedingt nachwachsenden Rohstoffen (d.h. wenig Anteil nachwachsende Rohstoffe), Kroll 2014

Ergebnis: nicht unbedingt kostenintensiver, aber es kommt auf ähnliche Ergebnisse wie die rein stoffliche Betrachtung der Konstruktionen.

- Material- und herstellungsgerechte Konstruktionen sind besser im Materialverbrauch und die Kosten pro Masseneinheit sind häufig ebenfalls geringer wodurch sich eine höhere Ressourceneffizienz ergibt,
- Erhebliches Optimierungspotential zur Material- und Diversitätsreduktion vieler verwendeter Konstruktionen führt bei der Rückbaugerechtigkeit zur Erhöhung der Ressourceneffizienz,
- und damit hinsichtlich der Herstellungs- und auch der Entsorgungskosten

- Es fehlen die ökonomischen Daten für die Beurteilung der zukünftigen Rückbaubarkeit und Entsorgung, bzw. zu dieser Frage kann nur mit den heute verfügbaren Daten operiert werden.
- Die Einflüsse der technischen Lebensdauer sind gering, da ein Großteil der Baustoffe im Kontext von Konstruktionselementen oder Bauteilen für eine Gebrauchsdauer von 50 Jahren ausgelegt ist. Sensiblere Komponenten wie die Haustechnik, Fenster und ähnliches haben zwar eine geringere Lebensdauer, können jedoch häufig individuell ausgetauscht werden. Wenngleich bei dem Trend zu immer stärker integrierten Komponenten deren zukünftige Trennbarkeit und Entsorgung eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen dürfte.

### **11.3 Fazit: Materialentscheidungen, Konstruktionen und Recycling im Lebenszyklus**

Wie erfolgen Prozesse und Informationsfluss, wer muss wann und wie informiert werden, wie sind die Verantwortlichkeiten; sind die Fragen, die im Projektverlauf in Bezug auf die Praxisanwendbarkeit in der Immobilienökonomie untersucht werden. Ein Ausblick auf die Möglichkeiten der Informationsverknüpfung und Kontrolle wird gegeben. Konkret geht es darum, wie der Austausch zwischen den verschiedenen Ebenen bei Konzepterstellung der geplanten Material- und damit Stoffauswahl und dem Management funktioniert.

#### **11.3.1 Materialrelevante Information als Entscheidungsgrundlage in der Immobilienentwicklung**

Folgendes kann über die Generierung von materialrelevanter Information zusammengefasst werden. Indirekt können über die Regelung zu Zugang zu Kapital nachhaltigkeitsrelevante Aspekte eingebracht werden. Betriebs- und Unterhaltskosten sind ebenfalls indirekt mit Materialentscheidungen verbunden. Materialentscheidungen im Gebäudekontext ergeben sich im direkten Sinn aus Kostenbetrachtungen. Rückwirkend können als normative Basis KG 300 und KG 400 der DIN 276 für die Planungs- und Bauphase identifiziert werden als Informationsträger, der sich von der frühen Planung bis zur Abrechnung durchzieht. Allerdings ist dies nur im Bauprozess der Fall. Für den Finanzbereich ist die DIN 276 wenig ergiebig. Dazu müsste eine modellbasierte Sichtweise entwickelt werden, die die Gewerke orientierte Struktur der DIN 276 verlässt, und Information zur Ausschreibung über das Standardleistungsbuch und VOB integriert. Materialrelevante Information zieht sich auf Basis der Kostenplanung von der Investment-Entscheidung über die Planung, Budgetplanung, Ausschreibung, Massen-und Preisermittlung, Konstruktionsphase, Gewährleistung hinweg, resultiert schließlich in Bauqualität und Baukultur und prägt schlussendlich das Unternehmensprofil. Als tragende Struktur kann somit die Kostenstruktur der DIN 276 für Deutschland respektive der CEEC Measurement for cost planning auf europäischer Ebene identifiziert werden. Linking this understanding to the different phases of real-estate development, investment, and performance of the contractor show the dependency on the cost calculation. Folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang Kostenpolitik – Bauwerk:

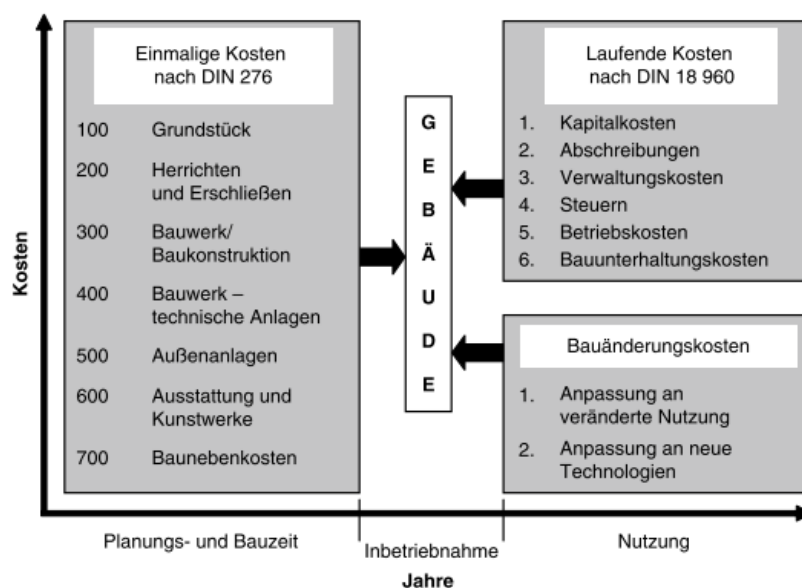


Abb. 59 Integraler Zusammenhang Kostenpolitik und Baukonstruktion, Pfnür 2011.

In Verbindung mit dem in Kapitel 4 erklärten Bauablauf zeigt folgende Grafik die Möglichkeit der Integration eines Stoffpasses in die Bauprozesse. In folgender Grafik erläuterte Medien der frühen Planungsphase können definierte Angaben aus einem Stoffpass aufnehmen. So kann die im Stoffpass enthaltene Information in den Bauablauf integriert werden (Willensbekundungen, Massenvorgaben, etc.). Diese Medien bieten die Basis für die Information ins Baumanagement, und müssen mit den in Kapitel 5 beschriebenen Informationsquellen verknüpft werden. Somit werden sie für Projektvorbereitung, Projektplanung, Ausführungsvorbereitung, Ausführung und Unterhalt nutzbar und stehen als Information für Abriss- oder Umnutzungsentscheidungen zur Verfügung.

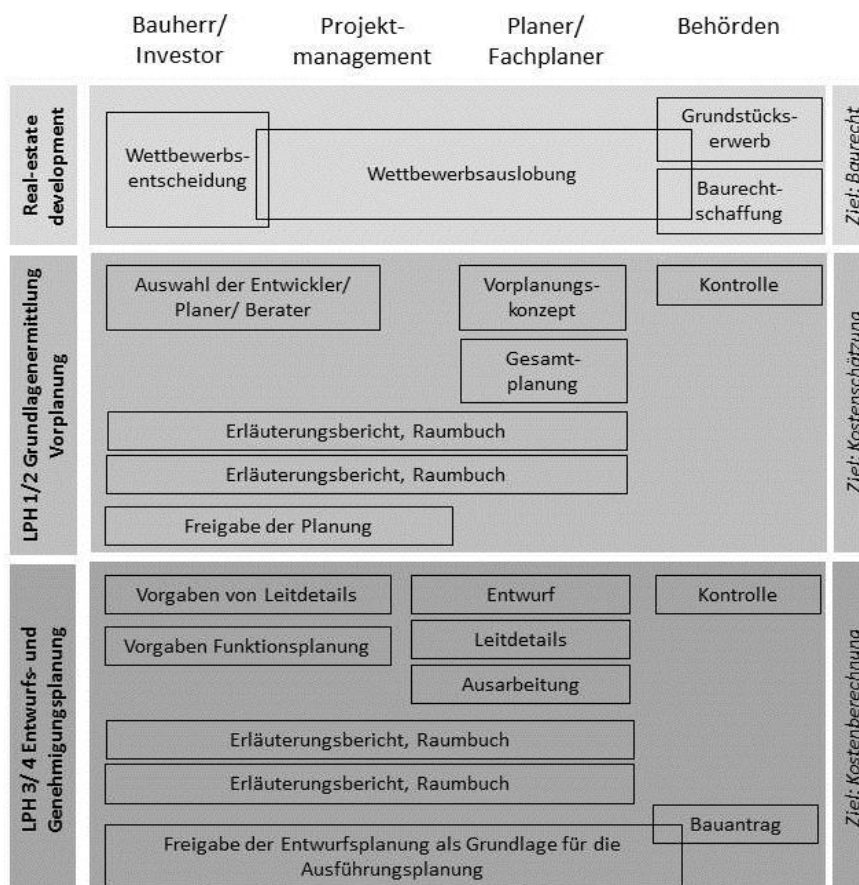


Abb. 60 Medien zur Aufnahme von Stoffpass-Information und Integration in den Entscheidungsprozess der frühen Planungsphase.

### Rückbaukonzepte, Weiterverwendungskonzepte

Recyclingkonzepte müssen beschrieben werden in Abhängigkeit vom Einbauort, Einbauart, Menge, Qualität, Belastung der Bauteile und Stoffe. Dies kann in genannte Medien integriert und als Anforderung formuliert werden. Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Auswahl von Indikatoren noch nicht getroffen werden kann, da diese (Firmen-)politisch motiviert ist. Kennwerte könnten für Standardkonstruktionen erstellt werden. Dafür ist es sinnvoll, Benchmarks zu entwickeln für das firmeninterne Rating eines Immobilienunternehmens. Bauteilbeschaffenheit, Funktionalität können als Regeln und definierte Vorgaben in die frühe Planungsphase implementiert werden. Allerdings gibt es eine Schwachstelle. Für die baukonstruktive Seite von Materialentscheidung müsste die Verknüpfung der Information Baukonstruktion-Trennbarkeit-Rückbau durch ein Expertenmodell entwickelt und bewertet werden. Diese Information ist für die Entscheidung in der Praxis unabdingbar, und muss verfügbar gemacht werden.

### **11.3.2 Konstruktionsbezogene Material- und Ressourceneffizienz**

Das Informationsziel des Stoffpasses besteht grundsätzlich in der Dokumentation der materiellen Eigenschaften eines Gebäudes. Dazu wird in strukturierter Form die Stoffverteilung, Stoffmassenbilanz durch die Sammlung, Erfassung und Dokumentation aufgrund der stofflichen Zusammensetzung eines Bauwerks errechnet und ausgewiesen. Als Ausgangsdaten werden die Gebäudeinformationen zu Gesamtflächen, -volumen herangezogen. In einer weiteren Differenzierung kommen Bauteil- und Konstruktionsdimensionen hinzu, die die Massenermittlung vervollständigen. Ein schrittweise verfeinertes Bild der Massenbaustoffe ist damit möglich.

Es werden Informationen über Baustoffe generell verfügbar gemacht und es besteht die Möglichkeit vertiefter Analysen zum Beispiel zu Risikostoffen und dabei können jederzeit externe Daten einbezogen werden. Dieses Verfahren wird als praxistauglich und stabil angesehen, da es die plan- und erfassbaren Bestandteile von Bauteilen analysiert, die wiederum zu Bauwerken aggregiert werden. Eine Plausibilitätsprüfung solcher physikalisch eindeutig erfassbaren und verständlichen Verfahrensweise stellt in der Regel keine Hindernisse für die Akteure im Projektmanagement und Bauablauf dar.

Insgesamt ergeben sich für die Immobilienentwicklung durch die Ressourcenproduktivitätsforderungen der Politik neue Anforderungen an das Produkt Gebäude, die ähnlich wie bei der Energieeffizienz die Umweltqualität von Bauwerken erhöhen sollen. Damit entstehen Risiken, die sich aus zu bewältigenden Ressourceneffizienzansätzen bei Massenbaustoffen, Konsistenzüberlegungen bei knappen Baustoffen und Suffizienzforderungen bei Risikobaustoffen ergeben. Die Risiken entwickeln sich, wie es in der Abb. 61 gezeigt wird. Ausgangspunkt ist dabei die Anforderung nach höherer Ressourceneffizienz, die durch Kostenziele überschritten werden können, die dann als Konsequenz zum Scheitern des Projekts führen. Damit wird deutlich, dass es einer richtigen Auswahl der Maßnahmen bedarf, mit denen die Effizienz erreicht wird, um das beste Kosten-Nutzenverhältnis zu finden.





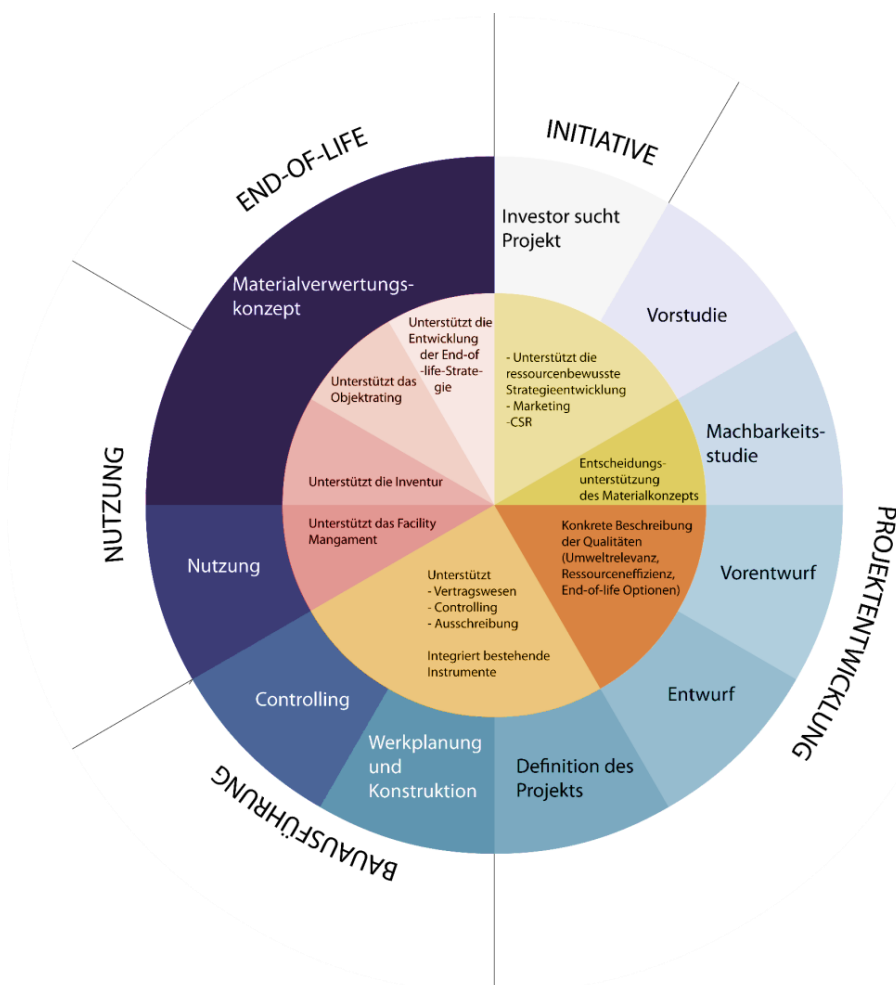


Abb. 62 Handlungsansätze (innerer Kreis) der Immobilienentwicklung auf den Projekt- und Lebenszyklus (äußerer Kreis) einer Immobilie, eigene Darstellung [Hausmann].

#### Ziele:

- Erkennbarkeit
- Identifizierbarkeit
- Handhabbarkeit

Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten.

Aufgrund dieser Struktur können Daten des Stoffpasses für andere Instrumente im Entwicklungsprozess weiterverwendet werden (Abb.1): der Stoffpass stellt z.B. ein Inventar des materiellen / stofflichen Bestands des Gebäudes dar. Dieses kann für die Gebäudelebenszyklusanalyse (LCA) zur Erstellung einer Sachbilanz und im weiteren Verlauf für Wirkungsbilanzen verwendet werden. Darüber hinaus können damit Aussagen zum Rückbau, der Schadstoffbelastung der lokalen Umwelt und dem Rückgewinnungsgrad getroffen werden. Die Stoffdaten können weitere stoffliche Basisinformation bereitstellen aus denen zum Beispiel der Product- oder Corporate Carbon Footprint, oder die Zertifizierung nach einem Nachhaltigkeitsbewertungssystem ermöglicht werden. Eine Ausweitung der Stoffinformation in zeitlicher Dimension, ähnlich der Baualtersklassen, verbessert die Identifizierbarkeit von Stoffen und ihrer spezifischen Eigenschaften zum Beispiel in Bezug auf Inhaltsstoffe.

Die aus dem Stoffpass abgeleitete BRP informiert Kunden (Investoren, Käufer, Mieter, Bauherren). Zur Kontrolle, Bewertung und Verbesserung der Nachhaltigkeitsperformance ist die Entwicklung eines pragmatischen, agilen und genügend robusten Systems nötig, das sich auf verlässliche Daten stützt, sowie einfach und kostengünstig anzuwenden ist.

### **Operatives Baumanagement und Planung**

Die Unternehmensführung kann im Rahmen der Produktverantwortung konkrete Umweltschutzmaßnahmen auf der operativen Ebene vom Management und den Planern fordern. Nach außen, gegenüber der Öffentlichkeit, Investoren oder Partnern muss die Unternehmensführung in globalen Kategorien und vergleichbaren Indikatoren kommunizieren (Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichterstattung). Intern werden geeignete Kennzahlen gewählt, um die Geschäftstätigkeit so zu lenken, dass sie umweltentlastend wirkt. Somit müssen dem Management beide Dimensionen bekannt sein, die unternehmensspezifischen Kennzahlen zur Messung und Kontrolle der Umweltbelastung und gleichzeitig die globalen Indikatoren mit denen sie sich im Wettbewerb mit anderen Unternehmen vergleichen (Benchmarking). Erst damit wird es möglich positive und umweltentlastende Auswirkungen interner Entscheidungen auf globale Umweltwirkungen und im Benchmarking gegenüber anderen Unternehmen zu erkennen. Die internen Kennzahlen müssen außerdem eng mit den wirtschaftlichen und sozialen Kriterien verknüpft werden, damit z. B. nicht der wirtschaftliche Erfolg und damit womöglich das ganze Unternehmen gefährdet werden aber auch umgekehrt, der wirtschaftliche Erfolg nicht auf Kosten hoher Umweltlasten geht.

#### Bezugnehmend auf VDI Ressourceneffizienz- Anspruch

- Was leisten die Grundlagen für einen Stoffpass in Bezug auf die Ressourceneffizienz im Bauwesen?
- Breite Anwendung: ja, aus Strategieentwicklung und Standards-Entwicklung für konkrete Unternehmen: fehlt die Anwendung im Projektmanagement
- Handbuch fürs Projektmanagement – Abgleich mit Anforderungen an Stoffpass
- Risiko: Eigenbestand – Fremdvermarktung
- Aufnahme in ökologischen Kriterienkatalog der Landeshauptstadt München
- Anpassungsmöglichkeiten und praktische Prozesshinweise

#### Fazit:

- Wir erweitern life-cycle costs für Immobilienentwicklung
- Wir schlagen vor, Abbruch muss Entsorgung im Bestandsprojekt mit entwickeln
- Übertrag von ESI Indikatoren nach Meins, aber materialfokussiert – Analogie zum Energiepass

Der Fokus auf die stofflichen Aspekte des Bauens und deren Potentiale zur Umweltentlastung durch life cycle engineering erfordert einen Strategiewechsel. Die stofflichen Aspekte wollen sich nicht einer Nachhaltigkeitsbewertung entziehen sondern müssen umfassend im Sinne der Ganzheitlichkeit berücksichtigt werden. Ihre differenzierte und detaillierte Bearbeitung ermöglicht Fortschritte im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit über den ganzen Lebenszyklus, die durch die übergeordnete Struktur der Ökobilanz nicht allein geleistet werden kann.

Die Vorteile eines stoffbasierten Ansatzes des Ressourceneinsatzes und bei umfangreicheren Untersuchungen einer möglichen Stoffstromanalyse lassen sich wie folgt beschreiben:

- Verständlichkeit durch physikalische Grundeinheiten wie Masse und Größe,
- Plausibilitätsprüfung der vor genannten Grundeinheiten auch durch Laien möglich,
- Nachvollziehbarkeit anhand des gebauten Objekts,
- Quantifizierung im bestehenden Objekt.

### **11.3.4 Vorschlag von Handlungsschritten in Entscheidungsprozessen**

Es fehlt an einer engeren Vernetzung zwischen den Rückbauunternehmen und Entsorgern. Hochwertige Rückbaumaterialien können dadurch optimal behandelt werden und eine Kaskadennutzung funktioniert. Dies kann einerseits durch den Wunsch des Investors über den Immobilienentwickler funktionieren, wenn der Wunsch nach Dokumentation, materialgerechtem Rückbau und optimaler Entsorgung geäußert und bezahlt wird. Will man dies erreichen, so muss von Seiten der Gesetzgebung eine Bepreisung stattfinden.

Ein erster Schritt zu einem Umgang mit Ressourcenfragen aus Sicht eines Immobilienunternehmens ist es, einen selektiven Rückbau zu verlangen. Ferner, vom Abbruchunternehmen die Massen und Orte der Entsorgung als Bestandteil der Dokumentation zu verlangen.

Der Immobilienentwickler als zentraler Einflussgeber im Kontext Management-Konzept-Material und damit auf Entscheidungen zu Produkteinbau und damit Stoffwahl und Entscheidungen über deren spätere Entsorgung könnte einen stärkeren Standpunkt einnehmen. Die Verknüpfung von dem Konsum nachgeschalteter Entsorgung kann hergestellt werden, indem er als ersten Schritt den selektiven Rückbau unterstützt. Darauf aufbauend kann der Entsorgung im Sinne von Nutzungskaskaden nachgekommen werden. Dadurch kann die Versorgungskette im Sinne der Produktverantwortung behandelt werden, und einem geschlossenen Materialkreislauf im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nachgekommen werden, siehe die nachfolgende Abbildung.

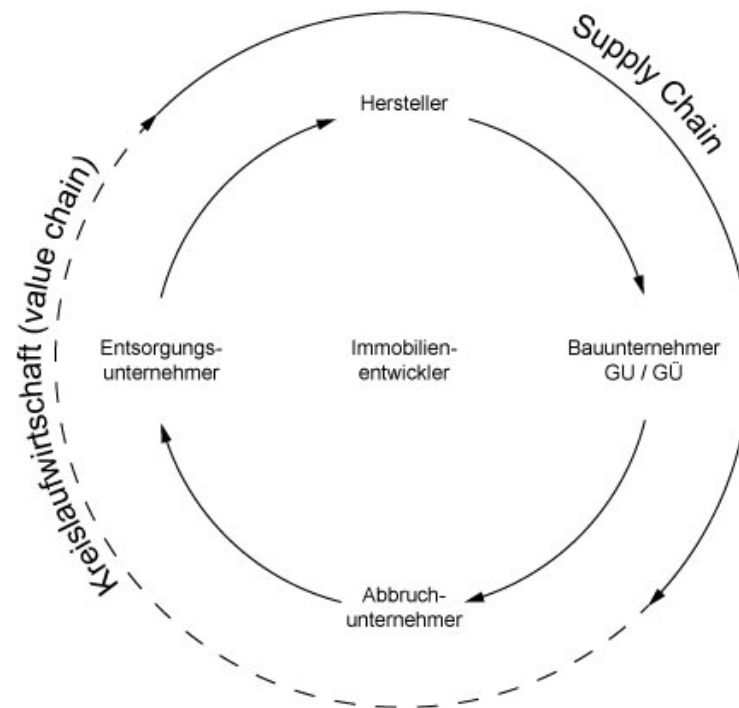


Abb. 63 Einflussnahme der Immobilienentwicklung auf Stakeholder im Entwicklungsprozess, eigene Darstellung [Ott]

## 11.4 Anwendbarkeit und Einsatzmöglichkeiten sowie Verbreitung der Ergebnisse

Die entwickelte Herangehensweise zur Stoffinventarisierung wurde bereits in einem Industrieforschungsprojekt angewandt, das die am Stoffpass beteiligten Lehrstühle der TU München im Auftrag eines Bauproduktherstellers für Buchenfurnierschichtholz bearbeiten. Die Bearbeitung ist noch nicht abgeschlossen und Ergebnisse dazu können erst zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht werden.

Im Laufe des Forschungsprojekts kam es im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit zu zahlreichen Veröffentlichungen, Vorträgen und weiteren Aktivitäten.

### 11.4.1 Abschlussarbeiten und Studienarbeiten der universitären Projektpartner

Dischner, G. Dotzauer, K. Markmann, T. Kuhn, A. 2014. Die sozialen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung in den Bereichen Forst-Holz und Landwirtschaft und deren Konzepte zur Bewertung der sozialen Nachhaltigkeit im Vergleich. Projektarbeit im Fachgebiet Aktuelle Entwicklung in der Holznutzung. München. HFM

Xiaomeng Wang. Eco-Socio efficiency information and construction development: comparison of sustainability assessment concepts. Master Thesis in Bearbeitung. HFM

Bayer M. 2014. Erfassung und Verknüpfung von Baukonstruktionen mit stofflichen Daten – Methodik, Struktur und Werkzeuge. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 04.04.2014. HB

Bernhardt D. 2014. Konstruktions- und Stoffstromanalyse am Lebensbeginn von Bauteilen. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 22.3.14. HB

Wadle A. 2014. Konstruktions- und Stoffstromanalyse am Lebensende von Bauteilen. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 07.03.14. HB

Xiang Wu. 2013. Material selection considering environmental impact information as additional parameter supported by CES 2013 Eco Audit Tool and GaBi 6.0. Master Thesis TU München. HFM

Meidel E. 2014. Stoffströme von Bauwerken analysieren mit GEMIS. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 01.10.14. HB

Demler A. 2014. Stoffströme von Bauwerken analysieren mit MIPS. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 01.10.14. HB

Wilhelm, A. 2014. Stoffströme von Bauwerken analysieren und prognostizieren an ausgewählten Beispielen. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 01.10.14. HB

Paul, A. 2014. Ökocontrolling Instrumenten zur Untersuchung von Stoffströme in Bauwerken. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 01.10.14. HB

Kroll, S. 2014. Ressourcenfragen und Kosten ausgewählter Konstruktionen. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 01.10.14. HB

Grill, T. 2015. Baustoffrecycling anhand von Praxisbeispielen. Bachelor Thesis TU München Lehrstuhl Holzbau & Baukonstruktion. Eingereicht am 01.03.15. HB

### **11.4.2 Veröffentlichungen**

Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung und Optimierung der Nachhaltigkeit von Bestandsgebäuden. Fauth, R. Büllsbach, J. Schwarz, J. Hausmann, B. ZIÖ Zeitschrift für Immobilienökonomie. München, 2014. Veröffentlichung akzeptiert

Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Forschung als Beitrag einer nachhaltigen Unternehmensführung. Büllsbach, J., Hausmann, B., in: Nachhaltigkeit und Innovation in Baubetrieb und Tunnelbau, Schwarz, J. (Hrsg.). Verlag Dr. Hut. München, 2014.

BRP building resource performance – development of an operational material flow management system for construction project development. Ott, S. Hafner, A. Hausmann, B. Winter, S. in: IALCCE 2014 Fourth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, Tokyo. 2014.

Sustainable Development information in construction processes – purpose, performance and demands in real estate economics. Hausmann, B. Richter, K. in: IALCCE 2014 Fourth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, Tokyo. 2014.

Stoffpass Gebäude – Operatives Stoffstrommanagement und ökologisch optimierte Grundstücksvergabe. Ott, S. Hausmann, B. in: Was ist nachhaltig? – Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung, 21. Internationalen Sommerakademie der DBU, 29.06.-1.07., St. Marienthal (Ostritz), 2015.

Stoffpass Gebäude – Aus immobilienökonomischer und baukonstruktiver Sicht. Ott, S. Hausmann, B. in: Tagungsband 23. C.A.R.M.E.N. Symposium, Erneuerbare – Rohstoffe und Energie sicher und effizient, 06. und 07. Juli, Straubing, 2015.

### 11.4.3 Messeauftritt

BAU 2015, Projektpräsentation und Auftritt am Gemeinschaftsstand der DBU



#### 11.4.4 Vorträge

- Forschungsprojekt Stoffpass Ideensammlung. 25.11.13. Interner Workshop BHGKG, München.
- Stoffpass\_RPI resource performance indicator. Doktorandenseminar ETHZ. 8.11.13, Zürich.
- IALCCE 2014, 17.11.2014, BRP building resource performance – development of an operational material flow management system for construction project development; (Ott, Winter, Hausmann, Hafner)
- IALCCE 2014, 17.11.2014, Sustainable development information in construction processes – purpose, performance and demands in engineering and management development; (Hausmann, Richter)
- Holzwissenschaftliches Seminar, 22.04.2015, Grundlagen für einen Stoffpass – Systementwicklung vom Bauteil und Konstruktion zur Immobilienentwicklung; (Hausmann, Ott)
- Baukonstruktives Seminar des LS HBB der Technischen Universität München, Stoffpass Gebäude – Stoffliche Erfassung von Gebäuden im Spannungsfeld zwischen Immobilienökonomie und Baukonstruktion; [Ott]
- DBU Sommerakademie, Ostritz-St. Marienthal, Stoffpass Gebäude – Operatives Stoffstrommanagement und ökologisch optimierte Grundstücksvergabe; [Ott]
- C.A.R.M.E.N. e.V., Stoffpass Gebäude aus immobilienökonomischer und baukonstruktiver Sicht; [Ott]

#### 11.4.5 Sonstige

##### Austausch und Gespräche

- VDI RE Vorstellung, Prof. Albers, Hochschule Bremen
- VDI RE Einführung, Herr A. Greif, PTJ
- BAU 2015, Frau Dechantsreiter, Bauteilnetzwerk Dtlid., 19.01.2015
- BAU 2015, Herr Kammsteiner, Agentur für Energie Südtirol – KlimaHaus, 19.01.2015
- C.A.R.M.E.N. e.V., Herr O. Heiss, BYAK, 07.07.2015
- DBU Akademie, Fr. Glatte, Ökoworld AG, Rating and Fondsmanagement, 29.6.2015
- TUMWood, Kooperation im Rahmen des Forschungsprojekts Baubuche als innovativer Werkstoff für Parkgaragen, 26.03.2015.

## 12 Ausblick und Forschungsbedarf

- Deponiekapazitäten sind absehbar und die Neuerschließung von Deponien steht vor hohen umweltpolitischen Hürden. Das bedeutet, die Dokumentation und Umgang mit dem steigenden Preis von Abbruch- und Entsorgungsarbeiten ist ein unmittelbares Problem zum Einen für die Immobilienentwicklung, zum Anderen als Umweltentlastung, die eine sachgerechte Entsorgung voraussetzt und ermöglicht, um Handlungen vorzubeugen, die einfache, nicht-umweltgerechte Wege gehen.
- Deponierungsmöglichkeit basierend auf Kapazitäten ist im speziellen Fall von Verbundbaustoffen und –konstruktionen ist ein unbedingt und schnellstmöglich zu erforschendes Feld.
- Materialtrennbarkeit von Verbundkonstruktionen und deren Entsorgung sowie Möglichkeiten einer Kaskadennutzung ist nicht genügend wissenschaftlich erforscht. Die bestehenden Handlungsanweisungen für die Praxis sind nicht genügend. Durch den selektiven Rückbau und eine verbesserte Stoffstromverfolgung könnte eine qualitative Vorbereitung für eine Kaskadennutzung funktionieren.
- Die zunehmende Integration von zu aggregierten Bauteilen und die bewusste Ausbildung von Multifunktionalität (Konstruktion und Haustechnik) muss, im Sinne des Transfers der industriellen Ökologie ins Bauwesen, genauer untersucht werden.
- Aufbereitung der Implementierung von Information in Bauprozessmedien für einerseits die Anforderungen an Prozessdokumente und andererseits deren Aufbereitung für das Controlling.
- Basierend auf den Aussagen zur Trennbarkeit kann in einer dritten Stufe eines Stoffpasses die Verbesserung von Konstruktionen vorgenommen werden.

### Phase II – Stoffpass Gebäude

- Immobilienökonomie: Für Standardbautypen können einfach zugänglich Kennzahlen des Stoffbedarfs, der Rückbaubarkeit und der Entsorgungswege erstellt werden. Dazu ist die Analyse von weiteren Beispielprojekten zur Ausweitung der Datenbasis erforderlich. Ressourcenindikatoren sind in den Entscheidungsprozess der Immobilienentwicklung integrierbar und gewünscht. Die weitere Integration von Ressourceninformation ist auf dem Weg des Baumanagements und der Baubetriebslehre sinnvoll. Dazu ist eine Annäherung über ein BIM-Modell eine Möglichkeit.
- Konstruktion: Eine rein stoffliche Betrachtung liefert eingeschränkt taugliche Ergebnisse, weil die Realität der Trennbarkeit des Bauteils und damit die mögliche Recyclierbarkeit und Kaskadennutzung nicht betrachtet wird. Eine bauteilbasierte Stoffinformation müsste bereitgestellt werden in Verbindung mit konkreten Aussagen der Trennbarkeit. Ein zu entwickelndes Expertenmodell kann wesentlich dazu beitragen die Beurteilung der Rückbauprozesse, die Trennbarkeit und Entsorgungswege für Standardkonstruktionen zu ermöglichen. Dieses Expertenmodell kann weiterhin zur Herstellung von Bauteildatenbanken mit ressourceneffizienten Konstruktionsaufbauten verwendet werden. Als angewandtes Beispiel sei hier der existierende



Bauteilkatalog von Dataholz genannt, der um eine entsprechende Funktionalität erweitert werden kann. Mindestens ebenso wichtig ist die frühzeitige Zusammenarbeit mit der building smart e.V. Initiative, um eine Implementation der Stoffinformationen in den IFC-Standard für BIM-Modelle zu fördern und damit ihre Verwendung in Bauteilfamilien und zur Gebäudeanalyse zu ermöglichen.

- Stoffstrom-Perspektive: (LCA, Abfallverwertung, -management): Die aus dem Expertenmodell resultierenden Daten können mit Ökobilanz-Softwaretools in Verbindung gebracht werden.
- In Stoffstromsoftwarewerkzeugen können prinzipiell wesentliche Elemente der Modellierung mit bereits vorhandenen Stoffstromwerkzeugen umgesetzt werden. Allerdings liegt der Teufel im Detail – denn die Komplexität von Bauteilen mit ihren vielfältigen Materialschichten und die zusätzliche hohe Zahl an Hilfsstoffen und Vorketten, die aus der Fügung hinzukommen, steigert die Komplexität des Stoffstrommodells.

## 13 Literatur

**(Antink et al. 2012)** Antink, R.; Garrigan, C.; Bonetti, M.; Westaway, R. (2012): Greening the Building Supply Chain. Action Framework. Hg. v. A. Hoballah und N. Morrin. UNEP SBCI. Nairobi. [Online] [http://www.unep.org/sbci/pdfs/task\\_force\\_action\\_framework.pdf](http://www.unep.org/sbci/pdfs/task_force_action_framework.pdf), letzter Abruf 09.02.2015.

**(Bayer 2014)** Bayer, Moritz (2014): Erfassung und Verknüpfung von Baukonstruktion mit stofflichen Daten – Methodik, Struktur und Werkzeuge. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen.

**(Belz 2007)** Belz, Frank (Ed.) (2007): Nachhaltiger Konsum und Verbraucherpolitik im 21. Jahrhundert. Marburg: Metropolis-Verl.

**(Bernhardt 2014)** Bernhardt, Daniel (2014): Konstruktions- und Stoffstromanalyse am Lebensbeginn von Bauteilen. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen.

**(BMUB 2015)** BMUB (2015): Informationsportal Nachhaltiges Bauen: Baustoff- und Gebäudedaten. [Online] <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten.html>, letzter Abruf 13.05.2015.

**(Brohmann 2002)** Brohmann, B. (2002): Nachhaltige Stadtteile auf innerstädtischen Konversionsflächen. Stoffstromanalyse als Bewertungsinstrument; Forschungsprojekt. Öko-Institut. Darmstadt, Hannover. Online verfügbar unter <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb04/472960687.pdf>.

**(Busse 2012)** Busse, Daniela (2012): Nachhaltigkeitsaspekte in Theorie und Praxis der Entscheidungsfindung. Perspektiven institutioneller Steuerung in der Immobilienwirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler.

**(CCRS 2011)** CCRS Center for Corporate Responsibility and Sustainability (Dezember 2011): Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien. Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz (NUWEL).

**(Demler 2014)** Demler, A. (2014): Erarbeitung einer Methodik zur stofflichen Ressourceneffizienzoptimierung von Bauwerken anhand der Materialintensitätsanalyse nach dem MIPS-Konzept, Bachelor Thesis, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TU München.

**(DESTATIS 2015)** Destatis Statistisches Bundesamt (2015): Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden, Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden, Lange Reihen ab 1969-2013. Wiesbaden: Artnr. 5312301137004.

**(Diederichs 1999)** Diederichs, C. (1999), Führungswissen für Bau- und Immobilienfachleute. Heidelberg: Springer Verlag, ISBN 3-540-65655-3.

**(DIN EN 15804)** EN 15804:2012+A1:2013: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung.

**(Di Paolantonio 2007)** Di Paolantonio, M.(2007): Realisierung elektronischer Bauteilkatalog. Schlussbericht. Epsach:Hollinger Consult GmbH, Auftraggeber: Bundesamt für Energie

**(EN 15978)** EN 15978:2011: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode; Deutsche Fassung.

**(Eyerer 200)** Eyerer, Peter (2000): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden. Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. Basel: Birkhäuser (BauPraxis).

- (Energieinstitut Vorarlberg o.A.)** Energieinstitut Vorarlberg (o.A.): baubook. Wien. [Online]  
<http://www.baubook.at/>, letzter Abruf 24.06.2015
- (Friedrichs et al.2013)** Friedrichs, Michael; Preusker, Werner; Vetter, Michael (2013);Produktverantwortung durch PVC-Recycling. Stoffmanagement. In: *Müll und Abfall*. Jg 45, Nr.10, 2013. ISSN: 0027-2957. S. 528-531.
- (Frings 1995)** Frings, Ellen (op. 1995): Ergebnisse und Empfehlungen der Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" zum Stoffstrommanagement. In: Mario Schmidt und Achim Schorb (Hg.): Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits. Berlin [etc.]: Springer, S. 15–30.
- (GISBAU o.A. )** BG BAU - Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (o.A.): GISABU-(DE). [Online]  
<http://www.bgbau.de/gisbau>, letzter Abruf 24.06.2015.
- (Gleich & Größling-Reisemann 2008)** Gleich, Arnim von; Gößling-Reisemann, Stefan (2008): Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- (Göpfert 2009)** Göpfert, Jan (2009): Modulare Produktentwicklung. Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation; Theorie - Methodik - Praxis. Univ., Diss. TU München, 1998. 2. Aufl. Norderstedt: Books on Demand (ID-Consult Wissen für die Praxis).
- (Hafner 2012)** Hafner, A. (2012): Wechselwirkung Nachhaltigkeit und (Bau-)Qualität. Systemische Betrachtung des Zusammenspiels von Nachhaltigkeitsaspekten und Kriterien der (Bau-)Qualität im Sensitivitätsmodell und in der Analyse von beispielhaften Gebäuden. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen.
- (Hauff 2010)** Hauff, Michael von (2012): Industrial Ecology Management. Nachhaltige Entwicklung durch Unternehmensverbände. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- (Hardziewski et al. 2012)** Hardziewski, R. Wallbaum H.; Essig, N.; Eberl, S. (Eds.) (2012): Open House: Benchmarking and mainstraeming building sustainability in the EU based on transparency and openness (open source and availability) from model to implementation. IALCCE 2012. Wien. IALCCE.
- (Höglmeier et al. 2013)** Höglmeier, Karin; Weber-Blaschke, Gabriele; Richter, Klaus (2013): Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction—A case study for south-east Germany. In: Resources, Conservation and Recycling 78, S. 81–91. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.07.004.
- (IBU 2013)** Institut Bauen und Umwelt e.V.: Umwelt-Produktdeklarationen nach ISO 14025 und EN 15804. [Online]  
[http://bau-umwelt.de/download/CY7458c13fX14627c9fdddX67ee/EPD\\_PTW\\_20130218\\_ICB1\\_DE.pdf](http://bau-umwelt.de/download/CY7458c13fX14627c9fdddX67ee/EPD_PTW_20130218_ICB1_DE.pdf), letzter Abruf 25.06.2015
- (ifu 2014)** ifu Hamburg GmbH (2014): Umberto NXT Universal (Software): ifu Hamburg GmbH.
- (Kämpf-Dern & Pfnür 2009)** Kämpf-Dern, Annette; Pfnür, Andreas (2009) : Grundkonzept des Immobilienmanagements: Ein Vorschlag zur Strukturierung immobilienwirtschaftlicher Managementaufgaben, Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, No. 14.
- (IFEU o.A.)** IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung); Ansprechpartner Diebel, Anton & Knappe, Florian (o.A.): Optimierung des Stoffmanagements für gemischten Bauschutt. Bauschutt mit Anteilen an Mauerwerksbruch. Heidelberg: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.
- (ISO 14044:2006-07)** ISO 14044:2010-07: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.

**(Kiefhaber 2012)** Kiefhaber, Peter (2012): Zukunftsentwicklung ‚Urban Mining‘. Bauwerke als Rohstoffminen. In: *Die andere Seite des Bauens – Bauabfallverwertung und Einsatz von Recyclingbaustoffen*. Kaiserslautern.

**(Kora & Hennicke 2010)** Kora, Kristof; Hennicke, Peter (2010): Endbericht des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Kernergebnisse des Projekts „Materialeffizienz & Resources“ (MaRes). Wuppertal. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, energie GmbH. ISSN 1867-0237

**(Krinke 2011)** Krinke, Stephan (2011): Implementing Life Cycle Engineering Efficiently into Automotive Industry Processes. In: *Matthias Finkbeiner (Hg.): Towards Life Cycle Sustainability Management*. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 567–578.

**(KrWG 2012)** KrWG (2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz). Bundestag. Fundstelle: Bundesgesetzblatt.

**(Kühnen et al. 2013)** Kühnen, Anna; Drogemuller, Robin; Schultmann, Frank (2013): What information is necessary to assess the environmental impacts on deconstruction. Beijing, China. Proceedings of the 30<sup>th</sup> CIB W78 International Conference – October. WQ-Book.

**(Lasvaux et al. 2014)** Lasvaux, S.; Ventura, A.; Habert, G.; La Roche, C. de; Hermel, C.; et al. (2014): Linking research activities and their implementation in practice in the construction sector: the LCA construction 2012 experience. In: *International Journal of Life Cycle Assessment* (19). S. 463–470.

**(Lützkendorf, 2011)** Lorenz, David; Lützkendorf, Thomas (2011): Sustainability and property valuation. Systematisation of existing approaches and recommendations for future action. In: *Journal of Property Investment & Finance* 29 (6). S. 644–676.

**(MaRes 2012)** MaRes (2012): Final report on the material efficiency and resource conservation (MaRes) project. Core results of the "Material efficiency and resource conservation" (MaRes) project (2012). Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Resource efficiency paper, 0.4).

**(Meins 2012)** Meins, E. (2012): Economic Sustainability Indicator ESI. Der Nachhaltigkeit von Immobilien einen finanziellen Wert geben. Überarbeitung 2011/12. Universität Zürich; CCRS Center for Corporate Responsibility and Sustainability. Zürich, updated on 16/04/2013.

**(Merbold-Kaufmann o.A.)** Merbold-Kaufmann, Monika (o.A.): Flumroc Dämmprodukte. SIA Deklarationsraster 493.09. Fums: Flumroc AG. [Online] [http://www.flumroc.ch/de/steinwolle/sia\\_raster.php](http://www.flumroc.ch/de/steinwolle/sia_raster.php), letzter Abruf 24.06.2015.

**(NMUK 2011)** NMUK 2011: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (2011): Abschlussbericht des Arbeitskreises "Energie- und Ressourceneffizienz". Hannover.

**(Obernosterer 2000)** Obernosterer, Richard. (2000). Das Niedrigstoffhaus. Ein stoffeffizientes Bauwerk im regionalen Ressourcenhaushalt eingebettet. In: *Das ökologische Passivhaus*. S.99-105.

**(Ortlepp & Schiller 2014)** Ortlepp, Regine; Schiller, Georg (2014): Baumaterialien in deutschen Nichtwohngebäuden – eine Analyse. In: *Nautechnik* 91 Heft 6. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. S. 414-424.

**(Ökobaudat 2013)** Ökobaudat (2013): Ökobaudat. [Online] [http://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/oekobaudat2013/OEKOBAU.DAT\\_2013\\_EPD\\_altes\\_Format\\_2013-08-15.zip](http://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/oekobaudat2013/OEKOBAU.DAT_2013_EPD_altes_Format_2013-08-15.zip), letzter Aufruf 14.05.2015.

**(Ökobaudat 2015)** Ökobaudat (2015): Datenbank Browser ÖKOBAUDAT. [Online] <http://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>, letzter Aufruf 13.05.2015.

**(Pfnür 2011)** Pfnür, A. (2011): Modernes Immobilienmanagement. 3. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag, ISBN 978-3-540-79467-7.

**(REACH o.A.)** Umwelt Bundesamt: REACH (o.A.). [Online] <http://www.reach-info.de/>, letzter Aufruf 13.05.2015.

**(Rechberger & Stanimira 2009)** Rechberger, Helmut; Markova, Stanimira (2009): Nachhaltigkeit Massiv AP05. Konzept zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Gefördert von Klima- und Energiefonds (Energie der Zukunft). TU Wien. Wien.

**(Riegler 2014)** Riegler, J. (2014): Re-source 2014. Fachtagung Ressourcenschonung – von der Idee zum Handeln. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion VI, Stubenbastei, 1010 Wien, ISBN: 978-3-902978-12-7, S.20. vgl. Re-source 2014, S. 17ff, von J. Riegler. insbes. S. 20.

**(EC 2011)** European Commission (2011): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571. [Online] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0571>.

**(EU 2008/98/EG)** Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates (2008): über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.

**(Rottke & Landgraf 2010)** Rottke, N.; Landgraf, D. (Eds.) (2010): Ökonomie versus Ökologie. Nachhaltigkeit in der Immobilienwirtschaft? Stand zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsüberlegungen; Responsible Property Investments: Ein Erfahrungsbericht aus den USA. Urban Land Institute. Köln: Immobilien manager verlag.

**(Runge 2011)** Runge (2011): Abschlussbericht der Arbeitskreises "Energie und Ressourceneffizienz". Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Regierungskommission Klimaschutz.

**(Sandoval-Wong & Alfredo 2012)** Sandoval-Wong, Jesus Alfredo (2012): Development of a risk based decision analysis system for project management in construction projects. Universität der Bundeswehr, München. Institut für Baubetriebswirtschaftslehre.

**(Schebek et al. 2014)** Schebek, Liselotte; Wöltjen, Jan; Li, Yunbo; Miekley, Britta; Schnitzer, Benjamin; Motzko, Christoph; Linke, Hans-Joachim (2014): Urban Mining. Rohstoffe in Nicht-Wohngebäuden. In: *Konstruktiv* (293), S. 25–29.

**(Scherzer et al. 2012)** Scherzer, Rudolf; König, Holger; Wurmer-Weiß, Petra; Klingele, Martina (2012): Entwicklung eines Handlungsinstruments für die Bewertung des BNB-Kriteriums "Risiken für die lokale Umwelt". Endbericht. Online Ressource. München: Selbstverlag. Aktenzeichen SF 10.08.17.7-11.32: S. 43.

**(Schütze & Willkomm 2002)** Schütze Thorsten; Willkomm, Wolfgang (2002): Katalog praxisorientierter Umweltkriterien für kostenoptimierte Hochbaukonstruktionen. Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hamburg. Fachbereich Architektur. Forschungsschwerpunkt Planungsinstrumente für das Umweltverträgliches Bauen.

**(Schwarz et al. 2013)** Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schwarz (2013): Baubetriebswirtschaftslehre. Die Immobilienwirtschaft – eine junge Wissenschafts- und Wirtschaftsdisziplin. Baubetriebswirtschaftslehre - Immobilienwirtschaft. Universität der Bundeswehr München, Institut für Baubetrieb - Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Schwarz. München, April 2013 Vortrag.

**(SIA 112/1:2004)** Empfehlung SIA 112/1, 2004: Nachhaltiges Bauen – Hochbau, Zürich.

**(SIA D 0123)** SIA D 0123: Hochbaukonstruktionen nach Ökologische Gesichtspunkten, Zürich.

**(SNE 2012)** SNE(2012): Natürliche Ressourcen – Steigerung der Ressourceneffizienz / Kreislaufwirtschaft – Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung, Beschluss vom 8. Oktober 2012. Berlin.

**(Takano et al. 2014)** Takano, A.; Pittau, F.; Hafner, A.; Ott, S.; Hughes, M.; Angelis, E. de (2014): Greenhouse gas emission from construction stage of wooden buildings. In: *International Wood Products Journal* 5 (4), S. 217–223. DOI: 10.1179/2042645314Y.0000000077.

**(E VDI 4800-1:2014)** VDI 4800 Blatt 1 Ressourceneffizienz - Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien. VDI-Fachbereich Ressourcenmanagement, VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt.

**(VDI 2243:2002-07)** VDI 2243:2002-07: Recyclingorientierte Produktentwicklung.

**(VDI 2234:1990-01)** VDI 2234:1990-01: Wirtschaftliche Grundlagen für den Konstrukteur.

**(Vogt 2004)** Vogt, M. (2004): Das neue Sozialprinzip "Nachhaltigkeit als Antwort auf die ökologische Herausforderung" in Handbuch der Wirtschaftsethik Band, vol. 1, S. 237–256. Gütersloh.

**(Weber-Blaschke & Faulstich 2005)** Weber-Blaschke, G.; Faulstich, M. (2005): Analyse, Bewertung und Management von Roh- und Baustoffströmen in Bayern. Schlussbericht. München: TU München, Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe.

**(Weber-Blaschke 2009)**, Weber-Blaschke Gabriele (2009): Stoffstrommanagement als Instrument nachhaltiger Bewirtschaftung von natürlichen und technischen Systemen. Ein kritischer Vergleich anhand ausgewählter Beispiele. Straubing: Attenkofer (Nachwachsende Rohstoffe in Forschung und Praxis, 1).

**(Weber-Blaschke 2013)** Weber-Blaschke, G. (2013): Holzmarkt unter Strom. Verbundprojekt "Konkurrenz um Holz" nimmt Wertschöpfungskette Forst-Holz-Holzprodukte unter die Lupe. Edited by LWF. München (55/2013), letzter Abruf 9.9.2013.

**(WECOBIS 2014)** WECOBIS (2014): WECOBIS - ökologisches Baustoffinformationssystem. [Online] <http://www.wecobis.de/ueber-wecobis.html>, letzter Abruf 24.06.2015.

**(Weichbrodt 2014)** Weichbrodt, Rainer (2014): Urban Mining- Strategien zur Nutzung der städtischen Rohstofflager. In: *Müll und Abfall*. Jg. 46, Nr.1, ISSN: 0027-2957. Seite 13-16.

**(Wilhelm 2014)** Wilhelm, Alexander Fritz (2014): Stoffströme von Bauwerken analysieren und prognostizieren an ausgewählten Beispielen. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen.

**(Wildemann 2014)** Wildemann, Horst (2014): Modularisierung in Organisation, Produkten, Produktion und Service. München: TCW, Transfer-Zentrum (TCW-Report, 66).

**(Wix & Karlshøj 2010)** Wix, Jeff; Karlshøj, Jan (2010): Information Delivery Manual. Guide to Components and Development Methods. Version 1.2: Building Smart – International Alliance for Interoperability: IUG/IDMC Document ID: IDMC:004.

**(Zimmermann 2010)** Zimmermann, J. (Ed.) (2010): 2. Forschungssymposium der Baubetriebs- und Immobilienwissenschaften, München.

## 14 Anhang I

Dokumentation der Auswertung der 4 Wettbewerbsbeiträge für die Fallstudie 1, HOÄ

### Projekt A

Projekt A					
Flächen- information		Konstruktionsaufbau	Fläche [m²]	Masse [kg/m²]	Menge [kg]
		Wohnfläche insgesamt	3634		
		BGF	4554,99		
Massen- information		Außenwand	2861,97	85,39	244408,5
		Außenfenster	879,95	38,3	33701,90882
		Außentüren	83,05	0	1187,68
		Wohnungstrennwand	950,79		
		Geschossdecke inkl. Boden	4347,49	259,137	1126595,516
		Dach	1372,53	155,525	213462,7283
		<b>Gesamtsumme</b>			<b>1619356,334</b>
		Normierter Index		Massenfussabdruck (Gesamtmenge/Wohnfläche)	
Massenfussabdruck (Gesamtmenge/BGF)				<b>355,51</b>	
Konstruktions- aufbau	Material/Pro- duktgruppe	Außenwand	Masse [kg/m²]	Verbaute Gesamtmenge	Anteil an Gesamtmenge %
		Mineral	Gipskarton	11,25	32197,16
	Holz	Brettspertholz-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%
		<b>Summe</b>	<b>85,3987</b>	<b>244408,5174</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Fenster</b>			
	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%
		<b>Summe</b>	<b>38,3</b>	<b>33701,90882</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Außentür</b>			
	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%
		<b>Summe</b>	<b>14,3</b>	<b>1187,68</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Geschossdecke</b>			
	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	Brettspertholz- Massivdecke	66,15	287586,46	25,53%
		<b>Summe:</b>	<b>259,137</b>	<b>1126595,52</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Dach</b>			
	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	Brettspertholz-Massivdecke	66,15	90792,86	42,53%
		<b>Summe:</b>	<b>155,525</b>	<b>213462,7283</b>	<b>100,00%</b>

Projekt B

Projekt B					
Flächen- information		Konstruktionsaufbau	Fläche [m²]	Masse [kg/r]	Menge [kg]
		Wohnfläche insgesamt	5201,4		
		BGF	5872		
Massen- information		Außenwand	3014,64	133,08	401188,56
		Außenfenster	1413,38	38,3	54132,454
		Außentüren	76,83	14,3	1098,67
		Wohnungstrennwand	1639,30		
		Geschossdecke inkl. Boden	4113,14	341,29	1403761,21
		Dach	1039,75	172,03	178862,9938
		<b>Gesamtsumme</b>			<b>2039043,885</b>
Normierter Index		Massenfussabdruck (Gesamtmenge/Wohnfläche)		<b>392,02</b>	
		Massenfussabdruck (Gesamtmenge/BGF)		<b>347,25</b>	
Konstruktions- aufbau	Material/Pro- duktgruppe		Masse[kg/m²]	Verbaute Gesamtmenge	Anteil an Gesamtmenge %
		<b>Außenwand</b>			
	Mineral	Gipskarton VS Schale	54	162790,67	40,58%
	Holz	OSB	9,9	29844,96	7,44%
	Holz	Holzständer mit 60x240	0	0,00	0,00%
	Holz	Holzständer mit 60x240	15,84	47751,93	11,90%
	Mineral	Mineralwolle Zwischendämmung	5,1	15374,67	3,83%
	Mineral	Gipskarton (2x)	32,4	97674,40	24,35%
	Holz	Fassade Holzschalung	15,84	47751,93	11,90%
		Summe	<b>133,08</b>	<b>401188,56</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Fenster</b>			
	Glas	3 fach Wärmeschutzverglasung	24	33921,12	62,66%
	Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	12437,744	22,98%
	Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	706,69	1,31%
	Metall	verzinkter Stahl	5	7066,9	13,05%
		Summe	<b>38,3</b>	<b>54132,454</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Außentür</b>			
	Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	676,10	61,54%
	Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	38,42	3,50%
	Metall	verzinkter Stahl	5	384,15	34,97%
		Summe	<b>14,3</b>	<b>1098,67</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Geschossdecke</b>			
	Mineral	Zementestrich (5% FBH)	133,00	547047,62	38,97%
	Kunststoff	Polyethylen-Folie (Trennlage)	0,19	769,16	0,05%
	Mineral	Trittschalldämmung Isover Akustic EP1 (Glaswolle)	2,10	8637,59	0,62%
	Mineral	Splittschüttung	150,00	616971,00	43,95%
	Holz	Brettsperrholz- Massivdecke	56,00	230335,84	16,41%
		Summe:	<b>341,29</b>	<b>1403761,21</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Dach</b>			
	Mineral	Kies oder Substrat	80,00	83180	46,50%
	Kunststoff	Dachabdichtung (PVC-Kunststoffdichtungsbahn)	1,88	1949,53	1,09%
	Mineral	Wärmedämmung (Glaswolle)	24,00	24954,00	13,95%
	Holz	Brettsperrholz-Massivdecke	66,15	68779,46	38,45%
		Summe:	<b>172,03</b>	<b>178862,994</b>	<b>100,00%</b>



Projekt C

Projekt C					
Flächen- information		Konstruktionsaufbau	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Menge [kg]
			Wohnfläche insgesamt	5222,7	
		BGF	5501,70		
Massen- information					
		Außenwand	359,00	100,228	35981,85
		Außenfenster	967,46	38,3	37053,718
		Außentüren	98,19	14,3	1404,12
		Wohnungstrennwand	1346,04		
		Geschossdecke inkl. Boden	5501,70	309,582	1703227,29
		Dach	1833,90	155,525	285217,2975
	<b>Gesamtsumme</b>			<b>2062884,274</b>	
Normierter Index					
		<b>Massenfussabdruck (Gesamtmenge/Wohnfläche)</b>		<b>394,98</b>	
		<b>Massenfussabdruck (Gesamtmenge/BGF)</b>		<b>374,95</b>	
Konstruktions- aufbau	Material/Pro- duktgruppe				
		Außenwand	Masse[kg /m <sup>2</sup> ]	Verbaute Gesamtmenge	Anteil an Gesamtmenge %
	Mineral	Lehmputz	14	5026,00	17,66%
	Mineral	Heraklith-Platte als Putzträger	17,5	6282,50	22,07%
	Holz	OSB-Platte	8,25	2961,75	10,41%
		Riegelkonstruktionn, gedämmt	20,94	7517,46	
	Holz	Riegel (Nadelholz)	15,84	5686,56	19,98%
	Mineral	Glaswolle (Zwischenraumdämmung)	5,1	1830,90	6,43%
	Holz	DHF-Platte	9	3231,00	11,35%
	Kunststoff	Distanzplatten, Kunststoff	0,138	49,54	0,17%
	Holz	Lattung horizontal	0,66	236,94	0,83%
	Holz	Holzschalung vertikal	8,8	3159,20	11,10%
		<b>Summe</b>	<b>100,228</b>	<b>28464,39</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Fenster</b>			
	Glas	3 fach Wärmeschutzverglasung	24	23219,04	62,66%
	Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	8513,648	22,98%
	Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	483,73	1,31%
	Metall	verzinkter Stahl	5	4837,3	13,05%
		<b>Summe</b>	<b>38,3</b>	<b>37053,718</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Außentür</b>			
	Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	864,07	61,54%
	Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	49,10	3,50%
	Metall	verzinkter Stahl	5	490,95	34,97%
		<b>Summe</b>	<b>14,3</b>	<b>1404,12</b>	<b>100,00%</b>
		<b>Geschossdecke</b>			
	Mineral	Zementestrich/Heizestrich (5% Heizung)	133	731726,10	42,96%
	Kunststoff	Polyethylen-Folie (Trennlage)	0,187	1028,82	0,06%
	Mineral	Trittschaldämmung Isover Akustic EP1 (Glaswolle)	2,8	15404,76	0,90%
	Mineral	Split, dauerelstisch gebunden, Leistungsführung	150	825255,00	48,45%
	Kunststoff	Polyethylen-Folie (Trennlage)	0,187	1028,82	0,06%
	Holz	Brettsperrholz- Massivdecke/lignatur Flächenelement	23,408	128783,79	7,56%
		<b>Summe</b>	<b>309,582</b>	<b>1703227,29</b>	<b>92,44%</b>
		<b>Dach</b>			
	Mineral	Kies oder Substrat	80	146712	51,44%
	Kunststoff	Dachabdichtung (PVC-Kunststoffdichtungsbahn)	1,875	3438,56	1,21%
	Mineral	Wärmedämmung (Glaswolle)	7,5	13754,25	4,82%
	Holz	Brettsperrholz-Massivdecke	66,15	121312,49	42,53%
		<b>Summe:</b>	<b>155,525</b>	<b>285217,3</b>	<b>100,00%</b>

## Projekt D

### Projekt C

Flächen- information	Konstruktionsaufbau	Fläche	Masse	Menge
		[m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg]
	Wohnfläche insgesamt	3460		
	BGF	5114		

### Massen- information

Außenwand	3116,00	141,03	439449,48
Außenfenster	791,16	38,3	30301,428
Außentüren	59,79	14,3	854,93
Wohnungstrennwand	483,07		
Geschossdecke inkl. Boden	5958,77	241,074	1436504,52
Dach	1671,59	302,8	506157,452
<b>Gesamtsumme</b>			<b>2413267,80</b>

### Normierter Index

Massenfussabdruck (Gesamtmenge/Wohnfläche)	697,48
Massenfussabdruck (Gesamtmenge/BGF)	471,89

### Konstruktions- aufbau

Material/Pro-  
duktgruppe

	Außenwand	Masse[kg/m <sup>2</sup> ]	Verbaute Gesamtmenge	Anteil an Gesamtmenge %
Mineral	Gipsfaserplatte	15	46740,00	10,64%
Holz	Holzwerkstoffplatte	9,75	30381,00	6,91%
Holz	Luftdichte Ebene Windpapier (Wachspapier)	0,28	872,48	0,20%
Holz	Massivholzwand system Holzbau Huber bachmehring	44	137104,00	31,20%
Holz	Holz/Mineralfaserdämmung	40	124640,00	28,36%
Holz	Holz/Mineralfaserdämmung als Putzträgerplatte	21	65436,00	14,89%
Mineral	WDVS Putz/Amierung/Spachtelung	11	34276,00	7,80%
	<b>Summe</b>	<b>141,03</b>	<b>439449,48</b>	<b>100,00%</b>
	<b>Fenster</b>			
Glas	3 fach Wärmeschutzverglasung	24	18987,84	62,66%
Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	6962,208	22,98%
Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	395,58	1,31%
Metall	verzinkter Stahl	5	3955,8	13,05%
	<b>Summe</b>	<b>38,3</b>	<b>30301,428</b>	<b>100,00%</b>
	<b>Außentür</b>			
Holz	Holzrahmen (Nadelholz)	8,8	526,11	61,54%
Gummi	Gummi (Kautschuk)	0,5	29,89	3,50%
Metall	verzinkter Stahl	5	298,93	34,97%
	<b>Summe</b>	<b>14,3</b>	<b>854,93</b>	<b>100,00%</b>
	<b>Geschossdecke</b>			
Mineral	Zementestrich/Heizestrich (5% Heizelemente)	123,5	735908,10	51,23%
Kunststoff	Polyethylen-Folie (Trennlage)	0,187	1114,29	0,08%
Mineral	Trittschalldämmung Isover Akustic EP1 (Glaswolle)	2,1	12513,42	0,87%
Mineral	Gebundene Splittschüttung	97,5	580980,08	40,44%
Kunststoff	Polyethylen-Folie (Trennlage)	0,187	1114,29	0,08%
Holz	Fichte 3-Schichtplatte	17,6	104874,35	7,30%
	<b>Summe</b>	<b>241,074</b>	<b>1436504,52</b>	<b>92,70%</b>
	<b>Dach</b>			
Mineral	Kies oder Substrat	128	213963,52	42,27%
Kunststoff	Bautenschutzmatte	12	20059,08	3,96%
Kunststoff	Dachabdichtung (PVC-Kunststoffdichtungsbahn)	6,25	10447,4375	2,06%
Mineral	XPS	4,05	6769,9395	1,34%
Holz	Sparrendach	0	0	0,00%
Holz	Sparren	110	183874,9	36,33%
Mineral	Wärmedämmung (Glaswolle)	20	33431,8	6,61%
Holz	OSB	9	15044,31	2,97%
Mineral	Gipsfaserplatte	13,5	22566,465	4,46%
	<b>Summe</b>	<b>302,8</b>	<b>506157,452</b>	<b>100,00%</b>

## Projekt A

### Szenarien

#### Holzbau:

Konstruktionsaufbauten:	DIN 276 Zuordnu	Nr.	Stoffschichten:	Flächenanteil pro m <sup>2</sup> [%]	Dicke [mm]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Massenanteil pro m <sup>2</sup> [%]
Wandaufbau	336	1	Gipskarton	100%	12,5	900	11,25	13,22
	336	2	Brettspertholz-Massivwand FJI 58x300, gedämmt,e=625mm	100%	85	350	29,75	34,95
	331	3	gegliedert in:					
	3a		FJI 58x300 Träger gedämmt	9%	300		6,39	7,51
	3aa		Furnierschichtholz	26%		530	3,72	4,37
	3ab		OSB Steg	13%		550	1,93	2,27
	3ac		Zellulosefaser Einblas-Dämmung	61%		45	0,74	0,87
	3b		Zellulosefaser Einblas-Dämmung	91%	300	45	12,29	14,43
	335	4	DWD- Platte (mitteldichte Faserplatte)	100%	16	738	11,81	13,87
	335 5a		Konterlattung (Nadelholz)	10%	30	440	1,32	1,55
	335 5b		Hinterlüftung	90%				0,00
	335	6	Doppelfalzschalung, Lärche	100%	28	440	12,32	14,47
			Summe:		471,5		85,13	100,00

Konstruktionsaufbauten:	DIN 276 Zuordnu	Nr.	Stoffschichten:	Massenanteil am Gebäude [kg]	PE erneuerbar [MJ/kg]	PE nicht erneuerbar [MJ/kg]	PERT [MJ]	PERNT [MJ]
Wandaufbau:	336	1	Gipskarton	7069,39	0,185	3,780	1307,84	26722,28
	336	2	Brettspertholz-Massivwand	18694,60	30,035	7,289	561485,87	136265,59
	331	3	FJI 58x300, gedämmt,e=625mm	11736,60			116557,30	84803,74
	3a		FJI 58x300 Träger gedämmt	4016,83			108837,53	56472,18
	3aa		Furnierschichtholz	2337,99	34,642	19,341	80993,68	45218,50
	3ab		OSB Steg	1213,11	22,569	7,868	27378,12	9544,44
	3ac		Zellulosefaser Einblas-Dämmung	465,73	1,000	3,670	465,73	1709,23
	3b		Zellulosefaser Einblas-Dämmung	7719,77	1,000	3,670	7719,77	28331,56
	335	4	DWD- Platte (mitteldichte Faserplatte)	7420,03	16,182	12,131	120070,50	90009,08
	335 5a		Konterlattung (Nadelholz)	829,47	18,792	5,748	15587,10	4767,41
	335 5b		Hinterlüftung	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
	335	6	Doppelfalzschalung, Lärche	7741,76	18,919	6,992	146470,25	54126,75
			Summe:	53491,86			961478,86	396694,85

#### Dachaufstockung:

Konstruktionsaufbauten:	DIN 276 Zuordnu	Nr.	Stoffschichten:	Flächenanteil pro m <sup>2</sup> [%]	Dicke [mm]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Massenanteil pro m <sup>2</sup> [%]
Wandaufbau	336	1	Gipskarton 2x 12,5 mm	100%	25	900	22,50	47,40
			Installationsraum ausgedämmt	20%	25	440	2,20	4,63
	331	2a	(Nadelholz: Fichte)					
			Zwischenraumdämmung (Zellulosefaser Einblas-Dämmung)	80%		45	0,90	1,90
	335	3	Dampf- und Windsperre (Polyethylen)	100%	0,3	935	0,28	0,59
			Wärmedämmung (Zellulosefaser Einblas-Dämmung)	100%	160	45	7,20	15,17
	335	4	Dämmung)					
	335	5	Schalung (Massivholzplatte)	100%	20	350	7,00	14,75
			Unterspannbahn, diffusionsoffen	100%	0,2	935	0,19	0,39
	335	6	(Polyethylen)					
	335	7a	Konterlattung 30x50 (Nadelholz: Fichte)	10%	50	440	2,20	4,63
	335	7b	Hinterlüftung	90%			0,00	0,00
	335	8	Calciumsilikatplatte	100%	20	250	5,00	10,53
		Summe:		300,5		47,47	100,00	

Konstruktionsaufbauten:	DIN 276 Zuordnu	Nr.	Stoffschichten:	Massenanteil am Gebäude [kg]	PE erneuerbar [MJ/kg]	PE nicht erneuerbar [MJ/kg]	PERT [MJ]	PERNT [MJ]
Wandaufbau	336	1	Gipskarton 2x 12,5 mm	2114,55	0,185	3,780	391,19	7993,00
			Installationsraum ausgedämmt	206,76	18,792	5,748	3885,26	1188,33
	331	2a	(Nadelholz: Fichte)					
			Zwischenraumdämmung (Zellulosefaser Einblas-Dämmung)	84,58	1,000	3,670	84,58	310,42
	335	3	Dampf- und Windsperre (Polyethylen)	26,36	2,920	90,020	76,98	2373,05
			Wärmedämmung (Zellulosefaser Einblas-Dämmung)	676,66	1,000	3,670	676,66	2483,33
	335	4	Dämmung)					
	335	5	Schalung (Massivholzplatte)	657,86	23,026	3,509	15148,09	2308,28
			Unterspannbahn, diffusionsoffen	17,57	2,920	90,020	51,32	1582,03
	335	6	(Polyethylen)					
	335	7a	Konterlattung 30x50 (Nadelholz: Fichte)	206,76	18,792	5,748	3885,26	1188,33
	335	7b	Hinterlüftung	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
	335	8	Calciumsilikatplatte	469,90	2,114	26,050	993,37	12240,90
		Summe:	4461,00			25192,70	31667,67	

## 15 Anhang II

Dokumentation der Fallstudie 2, TeLA

Ergänzende Dokumentation der Berechnung der Fallstudie HOÄ mit MIPS Faktoren zur Ermittlung der Materialintensität:

Quelle: BTh von Demler A. (2014): Erarbeitung einer Methodik zur stofflichen Ressourceneffizienzoptimierung von Bauwerken anhand der Materialintensitätsanalyse nach dem MIPS-Konzept, Bachelor Thesis, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TU München.

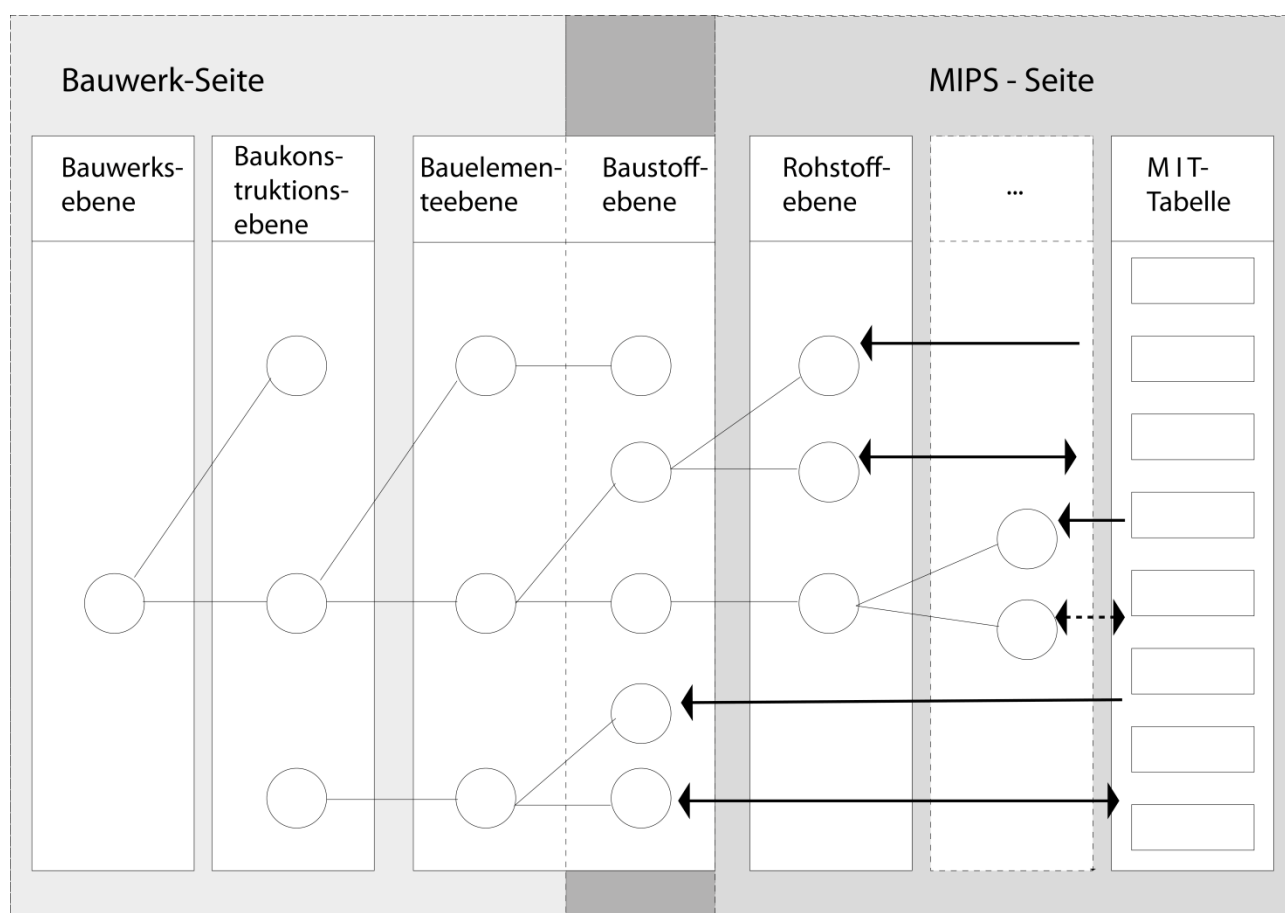


Abb. Schematische Methodik zur phasenweisen Verknüpfung von Konstruktionsinformationen aus dem Bauwerk mit den MIPS-Basisdaten, nach Meidel 2014.