

Nachhaltigkeit massiv

AP05

Konzept zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im
Bauwesen



Impressum

AutorInnen Dr. Helmut Rechberger, Dipl.-Ing. Stanimira Markova / Technische Universität Wien

Für den Inhalt verantwortlich Dr. Helmut Rechberger / Technische Universität Wien

Karlsplatz 13/226 1040 Wien

Tel. +43.1.58801 22641

Fax +43.1.58801 922641

Email aws@iwa.tuwien.ac.at Web www.iwa.tuwien.ac.at

Konzept zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Auftraggeber:

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ durchgeführt. Zusätzlich wird das Projekt aus Mitteln des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie der Wirtschaftskammer Österreich unterstützt.

AutorInnen:

Dr. Helmut Rechberger, Technische Universität Wien
DI Stanimira Markova, Technische Universität Wien

Wien, September 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	8
1.1	Darstellung des zu behandelnden Problems.....	8
1.2	Ziel des Arbeitspaketes.....	8
1.3	Struktureller Aufbau des Berichtes	8
2	Zusammenfassung der Projektergebnisse.....	9
2.1	Zusammenfassung der Ergebnisse in Bezug auf das in der Einleitung definierte Ziel	9
2.1.1	Materialverbrauch im Bauwesen für das System Österreich.....	9
2.1.2	Definieren von ressourcenbezogenen Indikatoren für das Bauwesen	9
2.1.3	Analyse des klassischen Planungsprozesses und des Generierungsprozesses der materiellen Information im Bauwesen.....	10
2.1.4	Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzeptes	11
2.2	Ergebnisse für die Integration in das Gebäudebewertungssystem	12
2.3	Ergebnisse für die Bauwirtschaft	13
3	Inhaltliche Darstellung	13
3.1	Materialverbrauch im Bauwesen für das System Österreich.....	13
3.1.1	Klassische Baumaterialien	13
3.1.2	Neue Materialien	15
3.1.3	Verbrauchtrends und Problematik.....	19
3.2	Bewertungsindikatoren und Methoden für die Ressourceneffizienz im Bauwesen.....	20
3.2.1	Verfügbarkeit	21
3.2.2	Rezyklierbarkeit.....	22
3.2.3	Eigenversorgung	24
3.2.4	Scale-Up.....	25
3.3	Analyse des klassischen Planungsprozesses und des Generierungsprozesses der materiellen Information im Bauwesen.....	27
3.3.1	Begriffe und Definitionen.....	27
3.3.2	Vergabe	27
3.3.3	Vertrag.....	30
3.3.4	Die Leistungsbeschreibung	31
3.3.5	Die Akteure.....	33
3.3.6	Die Generierung und die Dokumentierung der materiellen Information	36
3.3.7	Defizite, Handlungsbedarf.....	37
3.4	Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzeptes.....	37
3.4.1	Einleitung.....	37
3.4.2	Ziel.....	37

3.4.3	Erstellung des Gebäudepass – Konzeptes	41
3.4.4	Bestimmung von den Anforderungen an die gesuchten Beispielsobjekte	43
3.4.5	Aufwand	44
4	Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen	45
5	Ausblick und Empfehlungen	46
	Objekt 1: Einfamilienhaus	64

1 Einleitung

Das Arbeitspaket 05 „Konzept zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen“ beruht auf der Erkenntnis, dass das Bauwesen auf der einen Seite der größte Verbraucher einer Reihe wichtiger Ressourcen (Materialien) ist und andererseits die Produkte des Bauwesens, in Form von Bauwerken, den wichtigsten Bestand (Sekundärlager) in einer Volkswirtschaft darstellen. Dieses Lager ist in Zukunft effizienter, kontrollierter und planbarer zu nutzen, wofür einer Reihe von Bedingungen zu schaffen sind.

1.1 Darstellung des zu behandelnden Problems

- dem Bauwesen stehen langfristig wesentliche Ressourcen nicht mehr in gleichem Ausmaß wie derzeit zur Verfügung.
- Bauwerke stellen den größten Bestand an Sekundärressourcen in einer Volkswirtschaft dar, der jedoch nicht ausreichend effizient genutzt wird bzw. der nach derzeitigem Kenntnisstand in Zukunft nicht ausreichend effizient genutzt werden kann.
- Die materielle Zusammensetzung der Bauwerke ist nicht ausreichend bekannt, um effizientes Recycling betreiben zu können.
- Zukünftig ansteigende Mengen an Baurestmassen erfordern höhere Recyclingraten, da Deponieraum knapp ist.

1.2 Ziel des Arbeitspaketes

Das Ziel des AP05 ist es methodisch-konzeptionelle Grundlagen zu entwickeln, die einen Beitrag zur Optimierung der Ressourcenbewirtschaftung im Bauwesen leisten und in einer umfassenden Gebäudebewertung zum Ausdruck kommen sollen. Dieses globale Ziel soll in 4 Schritten erreicht werden (übergeordnete Ziele):

- Ermittlung des Baumaterialverbrauchs für die Region Österreich
- Definition von ressourcenbezogenen Indikatoren für das Bauwesen
- Analyse des klassischen Planungsprozesses und des Generierungsprozesses der materiellen Information im Bauwesen
- Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzeptes

1.3 Struktureller Aufbau des Berichtes

- Definition der übergeordneten Ziele und der untergeordneten Arbeitsschritte
- Auswahl und Darstellung der geeigneten Methoden für das Erreichen der Ziele
- Darstellung der Arbeitsschritte

- Ableitung von Ergebnissen und ggf. Verifikation anhand von Fallbeispielen
- Integration der Ergebnisse in ein Gebäudebewertungssystem

2 Zusammenfassung der Projektergebnisse

2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse in Bezug auf das in der Einleitung definierte Ziel

2.1.1 Materialverbrauch im Bauwesen für das System Österreich

Anhand von Literatur, Statistiken und Branchenberichten wurde eine qualitative Zusammenfassung der Materialien erstellt, die heutzutage im Bauwesen eingesetzt werden. Die gesamte tabellarische Darstellung ist dem Anhang zu entnehmen. Weiters wurde der Materialverbrauch im Bauwesen für die Hauptgruppen der Materialien ermittelt. Bezüglich ihrer Masse sind die fünf derzeit wichtigsten Natursteine, Beton, Mauerwerk, Stahl und Holz. Die klassischen Baumaterialien weisen nicht immer die Eigenschaften auf, die notwendig sind, um komplizierte gestalterisch-technische Probleme zu lösen. Daher werden laufend neue Materialien entwickelt, die bessere funktionelle oder ästhetische Eigenschaften besitzen. Als Beispiele können folgende genannt werden: transparente Wärmedämmung, flüssiges Holz, Faserbeton (Glas- und Kunststofffaser), transparenter Beton, "intelligente" kunststoffbasierte Materialien, die auf Temperatur, Licht und Feuchtigkeit reagieren, sowie Nanotechnologiematerialien. Zwar zeigt eine Analyse der Methoden zur Entwicklung neuer Materialien mit vordefinierten Materialeigenschaften, dass die Entwicklungstrends zunehmend in Richtung von Materialien mit einem geschlossenen Kreislauf (No Waste Materials) gehen, so ist dennoch zu erwähnen, dass die meisten neuangewendeten Materialien Verbundmaterialien sind. Diese enthalten einen hohen Anteil an Kunststoffen, die zu einem sehr niedrigen Grad rezyklierbar sind und dadurch nur thermisch verwertet werden können oder gar deponiert werden müssen.

2.1.2 Definieren von ressourcenbezogenen Indikatoren für das Bauwesen

Zuerst wurden für die Entwicklung der Bewertungsindikatoren für den Ressourcenverbrauch internationale Bewertungssysteme überprüft. Hierbei wurden besonders Indikatoren des Ressourceneinsatzes im Bauwesen berücksichtigt. Anschließend wurden anhand einer qualitativen Materialbilanz mit Systemgrenze Österreich Indikatoren für die Berücksichtigung des Ressourcenverbrauchs und der Ressourceneffizienz im Bauwesen hergeleitet. Im Konkreten handelt es sich um die Indikatoren Verfügbarkeit, Rezyklierbarkeit, Eigenversorgung und Scale-up. Mit diesen theoretisch hergeleiteten Indikatoren wurden ausgewählte Baumaterialien exemplarisch bewertet. Damit wird es zukünftig möglich sein Baumaterialien hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit auszuwählen. Hierbei wird erstmals berücksichtigt inwieweit das Material rezyklierbar ist und welche sekundären Bestände zur Verfügung stehen. Fallbeispiele zeigen, dass dieser Ansatz zu wesentlich anderen Ergebnissen als die klassische Knappheitsberechnung von Ressourcen kommt. Weiterhin

wird der Grad der Eigenversorgung einer Region mit Baumaterialien berücksichtigt. Dies ist für die Nachhaltigkeitsdiskussion ein wichtiger Aspekt, da eine vollständige Abhängigkeit einer Region von ihrem Hinterland als nicht uneingeschränkt zukunftsfähig angesehen wird. Auch wird durch den Indikator „Scale-up“ berücksichtigt inwieweit eine Bauweise flächendeckend umgesetzt werden kann. Das bedeutet, dass nicht nur die Sichtweise auf das einzelne Objekt, sondern die Belastung für das Gesamtsystem, im Zentrum der Betrachtung steht. Es ist davon auszugehen, dass die hier entwickelte Bewertung neue Erkenntnisse in die ökologische Bewertung von Baumaterialien und Bauwerken einbringt.

2.1.3 Analyse des klassischen Planungsprozesses und des Generierungsprozesses der materiellen Information im Bauwesen

Anhand von Literaturrecherchen und Befragungen von Experten wurden die wichtigsten Schritte im klassischen Planungsprozess, die sich direkt auf die Generierung der materiellen Information auswirken, sowie die Handlungs- und Entscheidungsträger im Prozess, ermittelt. Darüber hinaus wurden die gesetzlichen Grundlagen und Normen untersucht, die die Zusammenhänge und Schnittstellen zwischen diesen regeln (Bauvergabegesetz, ÖNormen, EU Normen). Weiters wurde versucht durch Expertengespräche und selbständige Untersuchungen von Bauobjekten in der Planungs- und Ausführungsphase festzustellen, inwieweit sich Norm und Praxis unterscheiden und wie sich dieser Unterschied auf die materielle Information auswirkt.

Die wichtigsten Faktoren, denen nachgegangen wurde, sind der Umfang und die geplante Nutzung der Objekte (Infrastruktur, Wohnbau, Gewerbebau etc.), daraus folgend Vertrag, Leistungsbeschreibung, Auftraggeber und Auftragnehmerart, Vergabe und Ausführung.

Der Umfang (Schwellenwerte) und die Nutzung (öffentliche, nicht öffentliche Auftraggeber und Aufträge) des geplanten Objektes haben im Allgemeinen eine direkte Auswirkung auf die Art und die Detailliertheit der Dokumentation. Konkret wirken sie sich auf die Planung, sowie auf die Verwaltung der Dokumentation nach Fertigstellung des Objektes aus.

In Abhängigkeit von Auftraggeber und Schwellenbereich stehen verschiedene Vertragsformen zur Auswahl (Einheitspreisvertrag, Pauschalpreisvertrag etc.). Die Vertragsform sagt etwas darüber aus, welche Seite (Bauherr, Auftragnehmer) in welchem Ausmaß die Planung durchführt und daher das Generieren der materiellen Information vorbestimmen, beeinflussen und verändern kann. Die Vertragsart bestimmt aber auch die Form der Leistungsbeschreibung (konstruktive Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis oder funktionale). Dies kann sich auf die Detailliertheit der Beschreibung und der Dokumentation der materiellen Information noch vor Anfang der Planungsphase auswirken. So ist es zum Beispiel bei der konstruktiven Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis, bei der alle voraussichtlichen Leistungen bis zu den Einzelpositionen beschrieben sind. Die Vergabe sowie der Auftragnehmer (Generalunternehmer, Einzelunternehmer, Hauptunternehmer mit Subunternehmer) beeinflussen die Generierung und die Dokumentation der materiellen Information in der Planungsphase. Diese beeinflussen weiterhin die Ausführung durch die Anzahl der Beteiligten am Planungsprozess, d.h. die Stelle zur Generierung der materiellen Information, sowie die Anlaufstelle für die gesamte Dokumentation der materiellen Information (Bauherrenseite oder Auftragnehmerseite).

Bei der Untersuchung der gewählten Objekte aus der Praxis stellte sich heraus, dass die Unterschiede in der Dokumentation der materiellen Information in ihrer Form (als Pläne, Massen und Mengenermittlungen) und Qualität sehr groß sein können. Im Wohnbaubereich, besonders bei kleinen Objekten (Einfamilienhäuser) ist die Dokumentation selten in ausreichender Detailliertheit vorhanden und damit gilt die materielle Information nicht als eindeutig dokumentiert und nachträglich ermittelbar. Ist die Information verfügbar so bleibt diese selten vollständig erhalten. Das gleiche gilt aber auch für große Bauvorhaben im Wohnbaubereich, wo die gesamte Dokumentation von allen Gewerken nach Fertigstellung nicht weiter verwaltet wird, so dass eine nachträgliche Ermittlung der eingesetzten Materialien kaum möglich ist.

Bei dem untersuchten Objekt im Bereich des Gewerbebaus wurde während der Ausführungsphase eine sehr genaue und detaillierte Dokumentation der materiellen Information festgestellt. Diese war jedoch in unterschiedlichen maßgebenden Formen ausgeprägt, bedingt durch die verschiedenen Planungsstandards in den einzelnen Gewerken. Aufgrund der Besonderheiten in der Darstellung war die Möglichkeit für eine aufwandsneutrale und nachträgliche Ermittlung der materiellen Information unterschiedlich gut gegeben. So konnte die materielle Information sehr gut bei der TGA, wo einzelne Details auch auf dem Gesamtplan angegeben sind, ermittelt werden. Jedoch gestaltete sich die Erhebung der materiellen Information von Elektroinstallationen schwierig, da Trassen mit erforderlichen Gesamtspannungen, aber keine Einzelleitungen angegeben werden und die Ermittlung der materiellen Information anhand von Massenauszügen nach Fertigstellung erfolgt).

2.1.4 Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzeptes

Das Konzept für die Dokumentation des Materialverbrauchs ist Basis und erster Schritt in Richtung einer Abfallwirtschaftsplanung und einer kontrollierten und geplanten Nutzung des Gebäudeparks Österreich als Quelle für Sekundärressourcen. Daher soll der Gebäudepass neben quantitativer Information über die Materialien (MI – materielle Information), die im Gebäude verbaut sind, auch Information über die Lage der Materialien, Verteilung in den Konstruktionen, sowie Auskunft über den Zustand der Materialien in Hinsicht auf Verbundstoffe und Konstruktionen geben. Die Entwicklung des Konzeptes beruht auf folgenden Meilensteinen:

- Den Ergebnissen der Analyse des klassischen Planungsprozesses und insbesondere der Gegenüberstellung von Theorie (Norm, gesetzliche Lage) und Praxis. Durch diese Gegenüberstellung werden die Schnittstellen geklärt, die mit der Generierung, der Verwaltung und der Veränderung der MI verbunden sind, aber auch die Qualität, in der die MI entsteht und dokumentiert wird.
- einem digitalen Model eines Musterbauwerks zur Identifikation von Funktionen, Lage und Schnittstellen von Bereichen, Unterbereichen, Elementen und Materialien (für die Definition von Bereich, Unterbereich, Element und Material siehe p. 3.4.3.3)
- Einer Erstellung eines Konzeptes zur Materialdokumentation, welches die Qualitäten sowie die technisch-konstruktiven Spezifikationen von Bauteilen und Materialien berücksichtigt, die für die Ressourceneffizienz relevant sind.

Die Dokumentation erfolgt in zwei Richtungen: 1. Top-Down – das Bauwerk wird zuerst in Funktionsbereiche unterteilt (Fundamente, Tragwerk, Fassade, Dach usw.) und weiter in die einzelnen Bauelemente bis hin zu den einzelnen Materialien aufgeteilt. Dabei wird für jede Ebene das Überschneiden der Konstruktionen, die Integration ineinander und der Verbund dokumentiert. Die tiefste Ebene ist daher das einzelne Material in jeder einzelnen Schicht des Bauelementes (z.B. Mineralwolle in der Wärmedämmschicht einer Außenwand). 2. Bottom-Up: Für jedes Material in den einzelnen Schichten und Bauelementen wird die Masse eingetragen. Das Ergebnis ist ein Dokument, das die Massen in den einzelnen Elementen, in den funktionellen Bereichen und letztendlich im Gesamtbauwerk beinhaltet, und gleichzeitig darstellt, 1. wo sich die Materialien genau befinden, 2. ob es gemeinsame Bauelemente für zwei oder mehrere Bereiche gibt und 3. gibt über die Trennbarkeit von Bauelementen und von Materialien Bescheid.

Die Berechnung nach dem vorgeschlagenen Modell wurde anhand von zwei Objekten getestet: dem vom Österreichischen Ökologie Institut zur Verfügung gestellten Referenzobjekt (Wohnbau, Utendorfgasse, 1140 Wien) und einem Einfamilienhaus (eigenes Referenzobjekt).

Die vollständige Ermittlung der materiellen Information nach dem vorgeschlagenen Gebäudepassmodell war beim Referenzmodell „Einfamilienhaus“ möglich, jedoch nur dadurch, dass eigene Untersuchungen an Ort und Stelle (besonders in den Bereichen Haustechnik, Wasser und Elektrotechnik) durchgeführt werden konnten.

Im Fall des Referenzobjektes „Utendorfgasse“ konnten Berechnungen über den Materialeinsatz in den Bereichen Rohbau, Ausbau und Haustechnik (jedoch nur mit Stand Ausschreibung und nicht mit Stand Fertigstellung) auf Basis der Ausschreibungsunterlagen, Planunterlagen und Massenauszüge gemacht werden.

2.2 Ergebnisse für die Integration in das Gebäudebewertungssystem

Im vorliegenden Projekt wurden 4 Indikatoren theoretisch hergeleitet, an ersten Fallbeispielen getestet und die praktische Anwendbarkeit gezeigt. Diese Indikatoren haben damit das Potenzial in einem TG oder anderen Bewertungssystem den Aspekt der Ressourceneffizienz und des Ressourcenverbrauchs besser abzubilden als dies heute möglich ist. Bevor dies umgesetzt werden kann, sind umfangreiche Anwendungen dieser Indikatoren auf wesentliche Baumaterialien durchzuführen. Dies dient einerseits der methodischen Überprüfung der Indikatoren und andererseits der Schaffung einer Basisdatenbank, wie dies für die LCA-bezogenen Bewertungsindikatoren bereits seit Jahren der Fall ist. Erst dann ist der Einsatz in der Praxis möglich.

Ein weiterer Aspekt, der in einem Bewertungssystem zukünftig berücksichtigt werden kann ist die Existenz eines materiellen Gebäudepasses (MGP). Gebäude, die über einen MGP verfügen, zeichnen sich durch ein erheblich größeres Sekundärrohstoffpotential am Ende ihrer Lebensdauer aus.

2.3 Ergebnisse für die Bauwirtschaft

Für die Bauwirtschaft kann sich nach erfolgreicher Implementierung der ressourcenbezogenen Indikatoren eine Änderung der Bewertung von Bauweisen ergeben. Die neuen Indikatoren lassen eine Verschiebung in der Bewertung von Leicht- und Massivbauweise erkennen. Zusätzlich ist die Bauwirtschaft aufgefordert zukünftig ihre Materialien besser im naturwissenschaftlich-technischen Sinn zu beschreiben und wesentlich zur Schaffung einer ausreichenden Daten- und Wissensbasis beizutragen.

3 Inhaltliche Darstellung

3.1 Materialverbrauch im Bauwesen für das System Österreich

3.1.1 Klassische Baumaterialien

Die Ermittlung des Materialverbrauchs im Bauwesen für Österreich ist ein wesentlicher Teil des Arbeitspaketes, da die Ergebnisse zu einem großen Teil die Wissensbasis für die Arbeiten in den nächsten Schritten bilden.

Das erste Zwischenergebnis in diesem Arbeitsschritt ist die Aufstellung und tabellarische Darstellung der gängigen Baumaterialien, die aktuell in Österreich verwendet werden. Das Ziel war eine Aufstellung und Unterscheidung der Baumaterialien nach stofflicher Zusammensetzung. Um dies zusammenstellen zu können, wurden bei der Literaturrecherche mehrere Quellen berücksichtigt, da die meisten Studien die Werkstoffe im Bauwesen nach ihrer Funktion aufteilen und betrachten.

Die Materialien sind in tabellarischer Form in Hauptgruppen (z.B. mineralische Werkstoffe, metallische Werkstoffe) und dann in Untergruppen (z.B. Beton, Mauerwerk; Baustahl, Aluminium) dargestellt. Zu jeder Untergruppe sind die wichtigsten Produkte aufgelistet (z.B. Normalbeton, selbstverdichtender Beton, Porenbeton; Betonstahl, Spannstahl, Stahlbleche). Die vollständige tabellarische Darstellung ist dem Anhang zu entnehmen.

Auf dieser qualitativen Erfassung aufbauend wurde eine detaillierte Ermittlung des Materialverbrauchs in der Region Österreich angestrebt. Der ursprüngliche Plan war, eine Aufstellung des Verbrauchs für jedes Produkt der Untergruppen über einige aufeinander folgenden Jahre zu erstellen.

Im Laufe der Arbeit stellte sich heraus, dass mit der heute gegebenen Datenbasis und den Parametern, die aktuell in Branchenberichten und Statistiken zu finden sind, solche Aufstellungen nicht machbar sind. Zusätzlich wurde die Arbeit durch die Tatsache erschwert, dass die Absatzmengendaten in den Statistiken über die Jahre nicht immer auf gleiche Positionen aufgeschlüsselt sind, oder Information über konkrete Positionen in manchen Jahren fehlen. Dies machte einen Vergleich des Verbrauchs über eine festgelegte Periode unmöglich. Daher wurde die Verbrauchsermittlung auf die Hauptgruppen und z. T. Untergruppen reduziert.

Weiterhin wurden Umrechnungen vorgenommen, da die Standardeinheiten, in der die Absatzmengen angegeben werden, für verschiedene Materialien unterschiedlich sind (Tonnen, Kubikmeter, Festmeter). Es existiert eine Reihe von Daten, die nicht öffentlich

bekannt gegeben werden (z.B. genaue Ermittlungen über den Absatz von Baustahl), und stellt somit einen Unsicherheitsfaktor dar. Für die Zusammenstellung des Materialverbrauchs wurden zusätzlich zu den Statistiken und Branchenberichten auch Publikationen, Informationen aus dem Internet und Befragungen verwendet.

Bei der Tabellenerstellung wurde eine Darstellung der Materialien angestrebt, die im Hochbau eingesetzt werden. Da die Statistiken und Branchenberichte keinen Unterschied zwischen dem Einsatz in Hoch- und in Tiefbau machen, wurden Materialien mit einem Einsatz in beiden Bereichen mit ihrem Gesamtverbrauch in der Erfassung berücksichtigt (z.B. Kies).

Die Hauptgruppen der Erfassung des Materialverbrauchs (folgende Tabelle) entsprechen nicht denen der klassischen Materialien im Bauwesen (Tabelle im Anhang). Der Grund dafür ist eine Doppelnennung mancher Materialien, die einerseits in den Funktionsgruppen und andererseits in den Gruppen der Materialeigenschaften vorkommen würden (z.B. EPS würde einmal in der Gruppe der Kunststoffe und einmal in der Gruppe der Dämmstoffe berücksichtigt werden). Desweiteren werden Materialien in der Literatur und in Statistiken nach verschiedenen Kriterien und mit unterschiedlicher Detailliertheit betrachtet und erfasst.

Tabelle 3-1: Darstellung des Materialverbrauchs im Bauwesen für die Region Österreich 2005-2007.

Natursteine		2005	2006	2007
Bausande	Mio.t	3,65	2,14	1,80
Kies	Mio.t	25,01	24,71	26,97
Kalkstein für die Zementherstellung	Mio.t	1,23	1,97	1,96
Brechstein für den Hoch u. Tiefbau	Mio.t	13,09	13,92	14,36
Split	Mio.t	11,75	12,62	10,66
Summe	Mio.t	54,73	55,36	55,75
Mineralische Werkstoffe				
Ziegel, Mauerwerk	Mio.t	2,71	2,60	2,16
Frischbeton (Transportbeton)	Mio.t	23,25	24,08	24,04
Betonsteine	Mio.t	4,87	3,87	5,95
Sanitärkeramik	Mio.t	k.A	k.A	k.A
Zement	Mio.t	3,96	4,26	4,84
Summe	Mio.t	34,79	34,81	36,99
Bauglas				
Flachglas	t	1732,00	1170,00	1424,00
Sicherheitsglas und Verbundglas (Gewicht ang. 40 kg/m ²)	t	60,92	17,40	64,71
Weitere Glasprodukte (Glasfasern, Schaumglas)	t	k.A	k.A	k.A
Summe	t	1792	1187	1488
Bindemittel				

Gips	Mio.t	0,20	0,19	G
Kalke	Mio.t	0,49	0,46	0,47
Summe	Mio.t	0,70	0,65	-

Putz und Estrich	Mio.t	0,33	0,35	0,37
Metallische Werkstoffe				
Stahl (Anm.: ohne Bewehrungsstahl)	Mio.t	0,77	0,89	1,03
Aluminium	Mio.t	0,13	0,14	0,16
Weitere Metalle (Zink, Zinn, Magnesium)		k.A	k.A	k.A
Summe	Mio.t	0,9	1,03	1,19
Kunststoffe				
Polymere des Ethylens	Mio.t	0,148	0,170	0,173
Polymere des Propylens	Mio.t	0,015	0,018	0,019
Polymere des Vinylchlorids	Mio.t	0,116	0,118	0,117
Polymere des Styrols (EPS, XPS)	Mio.t	0,054	0,069	0,072
Polyurethane	Mio.t	0,027	0,032	0,029
andere	Mio.t	0,017	0,02	0,024
Summe	Mio.t	0,38	0,43	0,44
Holz und Holzwerkstoffe				
Laubholz	Mio fm	4,24	4,56	4,8
Nadelholz	Mio fm	16,96	18,24	19,0
Summe	Mio fm	21,20	22,8	24,0

3.1.2 Neue Materialien

Die klassischen Baumaterialien weisen nicht immer jene Eigenschaften auf, die notwendig sind, um komplizierte gestalterisch-technische Probleme zu lösen. Daher werden laufend neue Materialien entwickelt, die bessere funktionelle oder ästhetische Eigenschaften besitzen.

Einige Beispiele hierfür sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 3-2: Beispiele für innovative Baumaterialien

Material	Beschreibung	Einsatz
Flüssiges Holz	Eine Mischung aus Kunststoffen und Holzfasern, die eine plastische Konsistenz aufweist und sich leicht in beliebige Formen bringen lässt	Möbelbau, Verkleidungen
Transparente Wärmedämmung	Gelartiger Kunststoff mit Hohlräumen, die entweder konstruktiv oder durch horizontal, parallel gelegte Fasern oder Röhrchen gebildet werden	Durch die erhöhte Lichtdurchlässigkeit wird eine direkte Sonnenbestrahlung von Außenbauteilen ermöglicht (die dunkel gestrichen werden), nach dem Prinzip des Treibhauseffektes werden so Wärmegewinne erzielt
Transparenter Beton	Leichtbeton mit ca. 5 % in Querrichtung des Bauteils gelegten optischen Fasern, mit denen ca. 70% Lichtdurchlässigkeit erreicht wird	Innenbau
Intelligente Baumaterialien	Es handelt sich um eine sehr breite Palette von Materialien, in der Regel um Glas- oder Kunststoffe, die durch eine Modifizierung mit Nanotechnologien auf Umwelteinwirkungen reagieren (z.B. Temperatur und Lichtveränderung, erhöhter Brandschutz)	In allen Einsatzbereichen möglich; sehr oft in Fassaden (schmutzabweisend, sich ändernde Transparenz bei Änderung der Lichtintensität etc.)

Die Entwicklung neuer Materialien war sehr oft vom Zufall geprägt (z.B. die Entwicklung des Eisenbetons). Heute existiert eine Systematik zur Entwicklung neuer Materialien, die sich einer Reihe analytischer Methoden bedient, um die gewünschten Materialeigenschaften zu erhalten, aber auch um die Entwicklung und Vermarktung des Materials innerhalb eines Systems von Rahmenbedingungen zu ermöglichen.

Der Einsatz neuer Materialien ist von einer Reihe von Anreizen und Barrieren bedingt, die alle Aspekte des Lebens beinhalten. Folgende Abbildung veranschaulicht die Analyse über dieser Anreize und Barrieren:

Tabelle 3-3: Anreize und Barrieren bei der Entwicklung neuer Materialien für das Bauwesen.
 Quelle: Glass, J.: 2008

Politischer Aspekt		Gesellschaftlicher Aspekt	
Anreize	Barrieren	Anreize	Barrieren
Normen des Bauwesen Energiepolitik Strategien für nachhaltiges Bauen Pläne für die Reduktion von Abfallmengen Pläne dem Klimawandel entgegenzuwirken Sicherheitsmaßnahmen	Zu starre Gesetzgebung und Normung Initiativlosigkeit in der Gesetzgebung	Wachsendes Konsumentenbewusstsein Ausbildung- neue Studienrichtungen im Themenbereich Nachhaltigkeit	Regionalität: komplexe Hintergründe Fehlen von Know-how und Fachwissen Mangel an qualifizierte Arbeitskraft

Wirtschaftlicher Aspekt		Technologischer Aspekt	
Anreize	Barrieren	Anreize	Barrieren
Gebühren und Taxen (z.B. Deponiegebühren) Transportkosten USt Methoden für CO ₂ -Accounting	Gefahr vom Import, balancierter Handel Negative Beurteilung seitens der Investoren Produktionskosten Energiekosten	Anreize für Gebäude mit niedrigem Gehalt an Kohlenstoff Carbon footprint Logistiklösungen, Zentren für Materialkonsolidierung Veränderungen motiviert durch Gesundheits- und Sicherheitsfragen	Fehlen von R&D Maßnahmen Kleine Veränderungen im Gebäudepark (Sekundärlager) Materialkosten und Verfügbarkeit Fehlende Datenbasis und Aktualität Schlechte Spezifikation und Detaillierung in der Ausschreibung

Die Hauptfragen, die man sich bei der Entwicklung neuer Technologien und im konkreten Fall neuer Materialien für das Bauwesen stellt, können wie folgt zusammengefasst werden (Glass, J. 2008):

- Was sollen die Materialien leisten können? (z.B. niedriger Kohlenstoffgehalt, robust sein, sich an Temperaturdifferenzen adaptieren können etc.)
- Was wird von Bau- und Konstruktionstechnik, Produktionsmethoden und Baustellen erwartet? (regionale Eigenversorgung, stärkere Berücksichtigung von Rahmenbedingungen, die außerhalb der reinen Bauproblematik liegen, wie z.B. Klimawandel, Treibhauseffekt etc.)

- Welcher Wissenstand wird vorausgesetzt? (IT-Kenntnisse, spezielle Fachkenntnisse über Spezifikation und Design)
- Was wird von Innovationen, R&D und Management erwartet? (revolutionär, Schaffung von Anreizen für Führungskräfte, um in Richtung einer radikalen Veränderung zu gehen)

Folgende Tabelle liefert einen Überblick über eine Reihe von Methoden, die einzeln oder in Kombination angewendet werden können, um neue Materialien zu entwickeln:

Tabelle 3-4: Übersicht der Methoden zum Prognostizieren neuer Technologien. Quelle: Cheng, A.C.: 2006

Methode	Erläuterung	Voraussetzungen
Delphi Methode	Diese Methode kombiniert Meinungen von Experten, die auf die Wahrscheinlichkeit konzentriert sind, die gewünschte Technologie zu realisieren, mit Meinungen von Experten, die sich mit der Zeit bis zur technischen Realisierung in den einzelnen Schritten beschäftigen	Alle Beteiligten sollen Experten auf dem konkreten Aspekt der gesuchten Technologie sein
Wachstumskurve	Diese Methode basiert auf die Ermittlung der Lebenszykluskurve der konkreten Technologie und kann eine Aussage über das prognostizierte Wachstum der Technologie machen und darüber, in welcher Phase des Lebenszyklus dieses Wachstum eintreten kann	1) Es muss eine entsprechende Datenbasis für eine längere Zeitperiode existieren, 2) der Lebenszyklus der Technologie soll bekannt sein
Die Case Study-Methode	Die Prognosen werden anhand bekannter Analysen von Entwicklungen in der Vergangenheit erstellt	Sie kann nur für komplexe Technologien mit wenigen Organisationseinheiten angewendet werden
Relevanzbäume	Diese Methode wird als ein Standardansatz betrachtet, in dem Ziele und Teilziele der gesuchten Technologie in einer baumartigen Form unterteilt werden	Die hierarchische Struktur der Technologie muss bekannt sein
Szenarien	Diese Methode liefert verschiedene Szenarien für die möglichen Entwicklungen einer Technologie, die auf Bedingungen und Annahmen ruhen	Die Szenarientwickler sollen Experten in allen Aspekten der gesuchten Technologie sein

Folgende Abbildung zeigt, wie die Methoden in einem vernetzten Modell getestet werden. Durch Ranking der vorbestimmten Prioritäten (Ebene der unten folgenden Abbildung – z.B. Verfügbarkeit der Daten, Aktualität der Daten etc.), werden die Methoden hinsichtlich Eignung ihrer Reaktion auf unterschiedliche Rahmenbedingungen bei der Entwicklung der Technologie überprüft, wodurch sich letztendlich die bestgeeigneten Methoden ergeben sollen (Cheng, A.-C.: 2006):

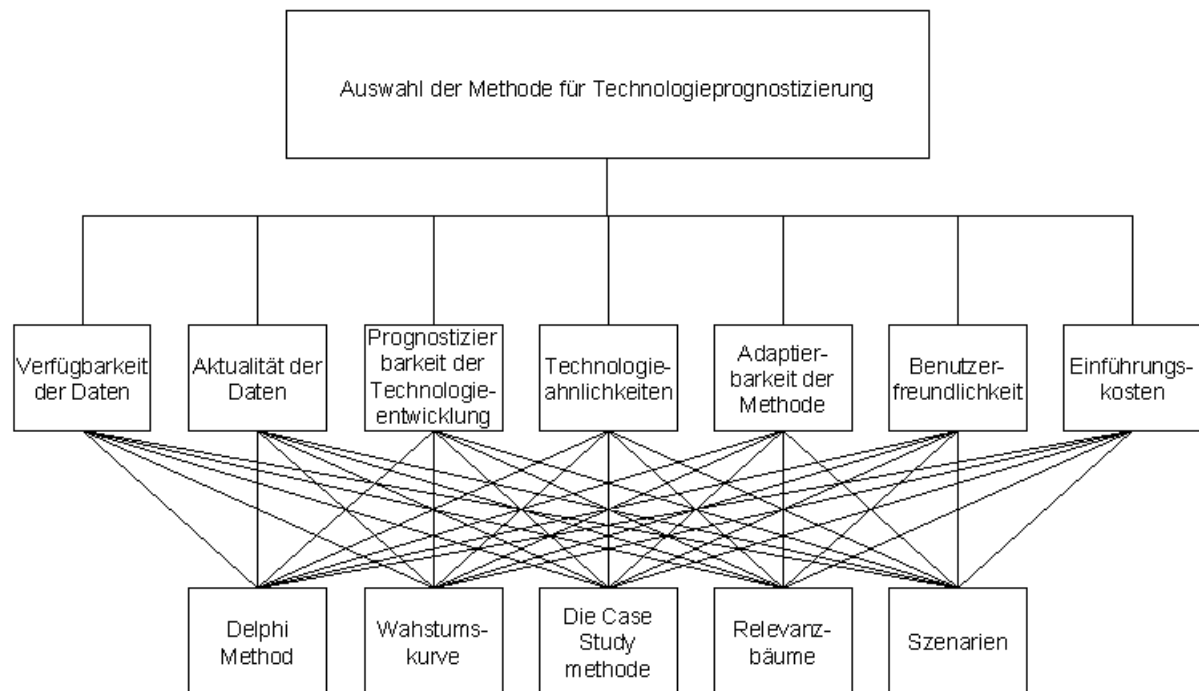


Abbildung 3-1: Analyse zur Ermittlung der bestgeeigneten Methode für Materialprognostizierung. Quelle: Cheng, A.-C.: 2006

3.1.3 Verbrauchtrends und Problematik

Bei der Ermittlung des Verbrauchs von klassischen Materialien im Bauwesen zeigt sich ein konstantes, gleichmäßiges Wachstum bei fast allen Materialien. Eine signifikante Steigerung im Verbrauch kann nur bei Holz beobachtet werden. Diese Tendenz wirft die Frage auf, wie weit diese Entwicklung gehen darf, bevor die Grenze erreicht wird, bei der der Zuwachs selbst nicht mehr ausreicht, um den Bedarf aller holznutzenden Industriebranchen zu befriedigen (vergl. Scale-up Kapitel 3.2).

Die neuen Materialien stellen einen minimalen Anteil des Materialverbrauchs im Bauwesen dar. Die Probleme, die durch ihre Anwendung auftreten, sind aber nicht mit ihrer Masse sondern i.d.R. mit ihrer Zusammensetzung verbunden. Obwohl eine Analyse der Methoden zur Entwicklung neuer Materialien mit vordefinierten Materialeigenschaften zeigt, dass die Trends zunehmend in Richtung von Materialien einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft (No Waste Materials) gehen, so sind die meisten in der Praxis neu angewendeten Materialien Verbundmaterialien. Diese Verbundmaterialien bestehen jedoch aus einem hohem Anteil an Kunststoffen, die zu einem sehr niedrigen Grad rezyklierbar sind und nur thermisch verwertet werden können oder gar deponiert werden müssen.

3.2 Bewertungsindikatoren und Methoden für die Ressourceneffizienz im Bauwesen

Innerhalb dieses Schrittes wurde eine Literatursuche sowie eine Expertenbefragung durchgeführt. Ziel war es einen Überblick und eine Gegenüberstellung der existierenden Bewertungssysteme für Bauwerke und Baumaterialien zu schaffen und diese auf vorhandene Bewertungen von Materialien und Bauwerken hinsichtlich Ressourcenverbrauch und Effizienz zu untersuchen.

Weltweit existiert eine große Anzahl von Bewertungssystemen. Bedingt durch die regionale Gesetzgebungen, sowie nationale Schwerpunkte in der Politik der Nachhaltigkeit, setzten sich jedoch nur wenige international durch. In der folgenden Tabelle werden die derzeit bekanntesten Bewertungssysteme dargestellt.

Tabelle 3-5: Übersicht über wichtige Gebäudebewertungssysteme (Zertifizierungssysteme)

Bewertungssystem	Region	Indikatoren der Ressourceneffizienz
LEED	USA	Materialverbrauch, Recycling
BREEAM	Großbritannien	Verwendung von Recycling-Baustoffe
LEnSE	EU (Belgien)	Materialverbrauch, Deponiebedarf
SBTool07	Internationale Entwicklung	Materialverbrauch, Recycling
DGNB	Deutschland	nur energetische Indikatoren
TQ	Österreich	Verwendung von Recycling-Baustoffe, Trennbarkeit

Diese Analyse hatte als weiteres Ziel, die Defizite in den gängigen Bewertungen hinsichtlich Ressourceneffizienz und -verbrauch zu identifizieren. Anschließend wurden Bewertungsindikatoren entwickelt, die diese Defizite aufgreifen und verringern sollen. Dieser Schritt stellte sich im Laufe des Projektes als sehr wesentlich heraus und ist daher im Folgenden detaillierter dargestellt. Die Bewertungsindikatoren wurden mittels einer qualitativen Materialbilanz für die Region Österreich formuliert (siehe Abbildung 1; eine detaillierte Auflistung aller Parameter, die darin auftauchen und zur Berechnung der Indikatoren angewendet werden sind dem Anhang zu entnehmen).

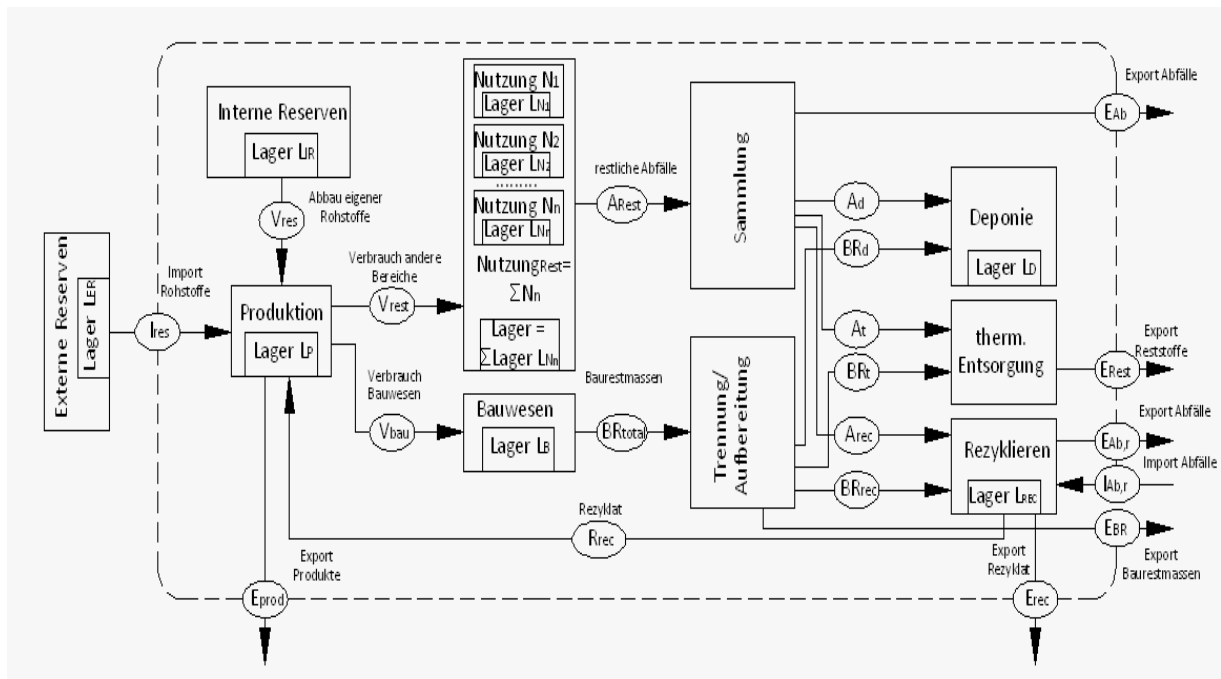


Abbildung 3-2: Qualitative Materialbilanz für die Region Österreich

Im Laufe der Arbeit wurden vier relevante und aussagekräftige Indikatoren für die Bewertung der Ressourceneffizienz definiert:

Verfügbarkeit	Rezyklierbarkeit
Eigenversorgung	Scale-up

Diese Indikatoren geben Auskunft über die Eignung von Baumaterialien, die über die derzeit eingesetzten Bewertungsmethoden (z.B. OI3, TQ, LEED, BREEAM) hinausgehen.

3.2.1 Verfügbarkeit

Der vorgeschlagene Algorithmus für die Berechnung der Verfügbarkeit beruht auf der klassischen Berechnung der statischen Reichweite (Reserven dividiert durch Jahresverbrauch).

$$\text{Statische Reichweite } [a] = \frac{\text{Reserven}[t]}{\text{Verbrauch}[t/a]}$$

Es sind jedoch weitere Parameter vorhanden, die sich auf die Dauer der Verfügbarkeit eines Materials auswirken. Daher sollte dieser Indikator unter zusätzlicher Berücksichtigung der verfügbaren Ressourcen im anthropogenen Sekundärlager, der potenziellen Rezyklierbarkeit des Lagers und des Beitrags des Rücklaufs aus dem Recycling ermittelt werden.

$$V[a] = \frac{L_{ER} + L_{IR} + \sum L_{N_i} \cdot f_{rec} + L_P}{V_{total} - R_{rec} - \Delta L}$$

Als Beispiel für die Verfügbarkeit eines Baumaterials wurde für die Region Österreich das Material Aluminium verwendet.

Tabelle 3-6: Berechnung der Verfügbarkeit für Aluminium.

Quellen: BMLFUW: Beitrag der Abfallwirtschaft zum Aluminiumhaushalt Österreichs, 2003; U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>

Parameter	Bezeichnung	Wert
L_{ER} [t]	Externe Reserven (für Österreich)	17 Mio.t
L_{IR} [t]	Interne Reserven	0
L_P [t]	Lager in der Produktion (Annahme)	0
ΔL [t/a]	Lagerzuwachs (Sekundärlager)	81.890 t
R_{rec} [t/a]	Sekundäraluminium	80.000 t/a
$\sum L_{Nn}$ [t]	Gesamtes Sekundärlager	2.803.000 t
$V_{total} = V_{bau} + V_{rest}$ [t/a]	Gesamtverbrauch für das System Österreich	409.000 t/a
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit des Lagers	0,85
Klassische statische Reichweite (für Österreich) [a]		42
Verfügbarkeit [a]		78

Das Beispiel Aluminium zeigt, dass die Einbeziehung des anthropogenen Lagers und der Rezyklierbarkeit eines Materials wesentliche Auswirkungen auf die Verfügbarkeit haben können (im Beispiel ändert sich die Verfügbarkeit von 42 auf 78 Jahre).

3.2.2 Rezyklierbarkeit

Um den Grad der Rezyklierbarkeit zu ermitteln, sind zwei Vorgehensweisen möglich. Entweder man setzt die Massen des stofflich rezyklierten Materials ins Verhältnis zum Materialinput in das System des Bauwesens Österreichs (Import und Inlandsproduktion), oder ins Verhältnis zum Materialoutput aus dem Bauwesen (Baurestmassen).

Obwohl das erstere Vorgehen methodisch korrekter wäre, ist die praktische Durchführung der Ermittlung der Rezyklierbarkeit in dieser Art und Weise nicht möglich, da zum heutigen Zeitpunkt keine Dokumentationsform existiert, die die Materialzusammensetzung, sowohl von einzelnen Bauwerken, als auch von gesamten Siedlungen liefern kann.

Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit der Grad der Rezyklierbarkeit als die Relation der Massen des rezyklierten Materials, die in das System zurück fließen, zu den Output-Massen des Materials nach Abbruch definiert. Je nach Festlegung der Systemgrenzen, kann die Rezyklierbarkeit innerhalb einer Region oder für ein konkretes Bauobjekt berechnet werden.

Der Grad der Rezyklierbarkeit ist am stärksten durch folgende drei Parameter des Recyclingprozesses beeinflussbar: 1) den Abbruch und die Abbruchweise, 2) die Sammlung und Aufbereitung und 3) dem Stand der Technik. Jeder dieser Parameter wird mit einem Faktor k berücksichtigt ($0 < k < 1$).

Daher gilt:

$$BR_{rec} = BR_{total} \cdot k_{ab} \cdot k_{tr}$$

$$R_{rec} = BR_{rec} \cdot k_{tech}$$

$$Rec = \frac{R_{rec}}{BR_{total}}$$

In folgender Tabelle sind die Ergebnisse der Rezyklierbarkeit für drei verschiedene Materialien des Bauwesens dargestellt.

Tabelle 3-7: Beispiele für die Rezyklierbarkeit von Baumaterialien:

Quellen: Bundesabfallwirtschaftsplan 2006, Statistik Austria, Holzbilanz 1999 bis 2003; Bayerisches Landesamt für Umwelt: Sonderauswertung zur Abfallbilanz 2002 – Erfassung und Entsorgung von Altholz, 2003; BMLFUW: Beitrag der Abfallwirtschaft zum Aluminiumhaushalt Österreichs, 2003; KSKB Kantonalverband Steine, Kies, Beton, Schweiz

		Holz [AT]		AI [AT]		Kies [CH]	
BR_{total}	Baurestmassen	Mio fm/a	9,7	t/a	17.000	Mio. t/a	11,9
BR_{rec}	Baurestmassen für Recycling	Mio fm/a	2,3	t/a	17.000	Mio. t/a	11,9
R_{rec,bau}	rezykliertes Material Bau	Mio fm/a	0,17	t/a	15.900	Mio. t/a	9,52
k_{ab}	Faktor für den selektiven Abbau	-	0,8		0,9*		0,8*
k_{tr}	Faktor für die Trennbarkeit	-	0,3		0,9*		0,8
k_{tech}	Faktor für den Stand der Technik	-	0,23		0,94		0,8*
Rec<sub,bau< sub=""></sub,bau<>	Grad der Rezyklierbarkeit Bau	%	1,8**	%	84,6	%	80

Anmerkung: mit * sind angenommene Werte gekennzeichnet, für die keine Werte in der Literatur gefunden wurden.

**Der Wert der Rezyklierbarkeit von Holz variiert in Abhängigkeit der Quellen und Daten, die für die Berechnungen einbezogen werden, zwischen ca. 2% (1,8 % in dem Berechnungsfall, der in der Tabelle dargestellt ist) und 7,5%.

Baumaterialien mit geringer Rezyklierbarkeit müssen nicht per se in einer Bewertung schlecht abschneiden. Trotzdem ist die Rezyklierbarkeit ein wesentlicher Indikator, der bei einer nur inputseitigen Betrachtung nicht erfasst wird.

3.2.3 Eigenversorgung

Mit diesem Indikator soll ausgedrückt werden, ob sich eine Region mit dem konkreten Material selbständig versorgen kann. Die Eigenversorgung ist wie folgt definiert.

$$E[\alpha] = \frac{L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_F}{V_{total} - R_{rec} - \Delta L_{IR}} \quad E[\alpha] = \frac{L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_F}{V_{total} - R_{rec} - \Delta L_{IR}}$$

Die Eigenversorgung gibt an wie viele Jahre sich eine Region mit einem bestimmten Material ohne Import versorgen kann. Im Falle von erneuerbaren Ressourcen (Lagerzuwachs ΔL) kann E negativ werden, was einen Überschuss im System bedeutet (unendliche Eigenversorgung möglich).

Tabelle 3-8: Berechnung der Eigenversorgung für Aluminium und Holz

Quellen: Statistik Austria, Holzbilanz 1999 bis 2003; Bayerisches Landesamt für Umwelt: Sonderauswertung zur Abfallbilanz 2002 – Erfassung und Entsorgung von Altholz, 2003; BMLFUW: Beitrag der Abfallwirtschaft zum Aluminiumhaushalt Österreichs, 2003; Statistik Austria (Hg.): Gebäude- und Wohnzählung – 2001, Bearbeitungsstand 2007, Statistik Austria, 2007

		Aluminium	Holz
Parameter		t/a	Mio fm (Stand 2003)
L_{IR} [t] / L_{IR} [fm]	Interne Reserven	0	1094,73
ΔL [t] / ΔL [fm]	Lagerzuwachs	81.890	31,4
R_{rec} [t/a] / R_{rec} [fm/a]	Beitrag des rezyklierten Materials	80.000	0,168
$\sum L_{Nn}$ [t] / $\sum L_{Nn}$ [fm]	Gesamtes Sekundärlager	2.803.000	31,25
V_{total} [t/a] / V_{total} [fm/a]	Gesamtverbrauch für das System Österreich	409.000	26,6
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit im Lager	0,85	0,07
mögliche Eigenversorgung [a]		8	Überschuss

Die Ergebnisse für die Eigenversorgung für Holz und Aluminium zeigen, dass sich die Region Österreich beim derzeitigen Verbrauch beliebig lange mit Holz versorgen kann. Für Aluminium ist die Region sehr stark auf Importe angewiesen.

3.2.4 Scale- Up

Mit diesem Indikator können Prognosen gemacht werden, die veranschaulichen, wie sich die Materialverfügbarkeit für eine Region oder die Möglichkeit zur Eigenversorgung verändern würde, wenn sich der Verbrauch in einer oder mehreren Branchen ändert.

Die Bewertung mit diesem Indikator kann in zwei Richtungen durchgeführt werden:

- a) in einem offenen System (aufbauend auf dem Indikator Verfügbarkeit – siehe p.3.2.1.); hierin wird gezeigt, wie sich die Verfügbarkeit eines Materials ändert, wenn eines oder mehrere Industriesegmente den Verbrauch um einen bestimmten Faktor verändern;

$$K_{scale}[a] = \frac{L_{ER} + L_{IR} + \sum L_{Nn} \cdot f_{rec} + L_P}{(\sum V_{rest} + k' \cdot V_1 + \dots + k'_n \cdot V_n) - R_{rec} - \Delta L}$$

Tabelle 3-9: Berechnungsbeispiel für Scale-up von Aluminium bei Verdoppelung des Verbrauchs im Bauwesen

Quellen: BMLFUW: Beitrag der Abfallwirtschaft zum Aluminiumhaushalt Österreichs, 2003; U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2009, S.29, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity>

Parameter		Wert
L_{ER} [t]	Externe Reserven	17 Mio.t
L_{IR} [t]	Interne Reserven	0
L_P [t]	Lager in der Produktion	0
ΔL [t/a]	Lagerzuwachs (Sekundärlager)	81.890 t
R_{rec} [t/a]	Sekundäraluminium	80.000 t/a
$\sum L_{Nn}$ [t]	Gesamtes Sekundärlager	2.803.000 t
V_{rest} [t/a]	Verbrauch Rest	354.000 t/a
V_{bau} [t/a]	Verbrauch im Bauwesen	55.000 t/a
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit im Lager	0,85
k'		2
$V[a]$	Verfügbarkeit	78
Knappheit_{sclae} [a]	Berechnetes Scale-up	64

In diesem Fall wird von einer Verdoppelung des Aluminiumverbrauchs in der Baubranche ausgegangen. Das Ergebnis zeigt, dass dadurch die Aluminium-Verfügbarkeit für Österreich von 78 auf 64 Jahre sinkt.

- b) in einem geschlossenen System (aufbauend auf den Indikator Eigenversorgung – siehe p.3.2.3); hierin wird gezeigt, ob und wie lange sich eine Region noch selbst versorgen kann, wenn weder Importe noch Exporte, sondern nur die eigenen

Reserven und die Verbrauchsänderung in der Region berücksichtigt werden (Steigerung oder Stagnation des Verbrauchs in den ausschlaggebenden Industriebranchen).

$$K_{scale}[\alpha] = \frac{L_{IR} + \sum L_{N_n} \cdot f_{rec} + L_P}{(\sum V_{rest} + k'_{1} \cdot V_1 + \dots + k'_{n} \cdot V_n) - R_{rec} - \Delta L}$$

Tabelle 3-10: Berechnungsbeispiel für Scale-up von Holz (Region Österreich)

Quellen: Statistik Austria, Holzbilanz 1999 bis 2003; Bayerisches Landesamt für Umwelt: Sonderauswertung zur Abfallbilanz 2002 – Erfassung und Entsorgung von Altholz, 2003;

		Scale- Up 2011		Scale- Up 2016
		Mio fm (Stand 2003)	Mio fm	Mio fm
L_{IR} [fm]	Bestand	1094,73		
Δ L [fm]	Zuwachs (jährlich, Stand 2003)	31,4		
∑L_{Nn} [t]	Gesamtes Sekundärlager	k.A.	k.A.	k.A.
L_P	Lager in der Produktion	0	0	0
f_{rec}	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit im Lager	k.A.	k.A.	k.A.
V_{bau} [fm/a]	Verbrauch Bau	16,70	22,55	25,05
V_{en} [fm/a]	Verbrauch Energetisch	8,50	16,32	20,32
V_{rest} [fm/a]	Verbrauch Rest (Annahme: unverändert)	4,10		
k'bau	Verbrauchsfaktor Bau (Prognose, EMPA)	1,00	1,35	1,50
k'rest	Verbrauchsfaktor Energetisch (Prognose, interpoliert)	1,00	1,92	2,39
K_{scale} [a]	Selbstversorgung/Verfügbarkeit (regional, ohne Import)	Überschuss	78	53

Branchenberichte und Studien zeigen, dass im Holzhaushalt Österreichs der Verbrauch für energetische Nutzung und der Verbrauch im Bauwesen die ausschlaggebende Rolle spielen.

Bei diesem Beispiel wurde der Verbrauch um die prognostizierten Faktoren in den beiden Bereichen Bau und Energie für die Jahre 2011 und 2016 angehoben. Die Ergebnisse zeigen,

dass der jährliche Holzzuwachs diesen Mehrverbrauch nicht mehr ausgleichen kann und es somit zu einer Knappheit käme. In diesem Fall spiegelt der Indikator Scale- Up die begrenzte Verfügbarkeit von Holz wider.

3.3 Analyse des klassischen Planungsprozesses und des Generierungsprozesses der materiellen Information im Bauwesen

3.3.1 Begriffe und Definitionen

Im BVergG werden die Hauptbegriffe des Vergabewesens wie folgt definiert (Gast,G., Czernich, D.2004):

- **Bauwerk** – Das Bauwerk ist das Ergebnis einer Gesamtheit von Tief- und Hochbauarbeiten, das seinem Wesen nach eine wirtschaftliche oder technische Funktion erfüllen soll. Es umfasst daher das Erstellen eines funktionsfähigen Ganzen (Gebäude, Straße etc.), das bis zur letzten Ausbau- und Installationsphase vollendet ist
- **Bauftrag** – darunter versteht man entgeltliche Verträge mit folgenden Vertragsgegenständen
 - Ausführung oder gleichzeitige Planung und Ausführung von Bauvorhaben
 - Ausführung eines Bauwerks
 - Erbringung einer Bauleistung durch Dritte gem. dem öffentlichen Auftraggeber
- **Bauvorhaben** – Das Bauvorhaben ist der umfassendste Begriff in der Aufzählung, der neben der Erstellung eines Bauwerkes auch andere Bauleistungen berücksichtigt (Umbauten, Instandsetzungen etc.). Ein Bauauftrag ist daher auch die Ausführung von einem so definiertem Bauvorhaben, oder seine gleichzeitige Planung und Ausführung

3.3.2 Vergabe

3.3.2.1 Gesetzliche Grundlagen

Die Vergabe, Vertragsgestaltung und Abwicklung von Bauprojekten in Österreich wird im Wesentlichsten durch folgende rechtliche Instrumente geregelt:

- Das Bundesvergabegesetz (BVergG)
- Landesvergabegesetze
- Die Verdingungsnormen (Önormen/Enormen)
- Technische Normen (Önormen/Enormen)

Mit dem Inkrafttreten des Bundesvergabegesetzes am 1.7.2003 wurden die bis dahin geltenden Landesvergabegesetze außer Kraft gesetzt. Nach diesem Datum verblieben den Ländern nur die Regelungen des Verfahrens der Vergabenachprüfung. Diese lauten wie folgt (Gast,G., Czernich, D.2004):

- Burgenländisches Vergabe-Nachprüfungsgesetz
- Kärntner Vergaberechtschutzgesetz
- NÖ Vergabe- Nachprüfungsgesetz
- OÖ Vergabe- Nachprüfungsgesetz
- Salzburger Vergabekontrollgesetz
- Steiermärkisches Vergabe-Nachprüfungsgesetz
- Tiroler Vergabenachprüfungsgesetz
- Vorarlberger Vergabenachprüfungsgesetz
- Wiener Vergaberechtschutzgesetz

Ein weiteres Instrument für die Regelung der Abwicklung von Bauvorhaben sind die Normen.

Die Normen sind qualifizierte Empfehlungen, deren Anwendung im Prinzip freiwillig ist. Jedoch sind sie eine wesentliche Voraussetzung für die Lösung technischer und wirtschaftlicher Aufgaben. In besonderen Fällen können sie durch den Gesetzgeber als verbindlich erklärt werden. In diesen Fällen ist ihre Einhaltung zwingend. Sie stellen den Stand der Technik dar und bilden generell die Basis für geordnete Abläufe in allen Bereichen der Technik und Wirtschaft. (www.on-norm.at)

Im Kontext der Untersuchung der Generierung der materiellen Information (MI) im Planungsprozess sind die Normen des Verdingungswesens entscheidend. Diese regeln die Vergabe und Vertragsabwicklung von immateriellen und materiellen Leistungen und besonders von Bauleistungen. Die Leitnorm für die inhaltliche Gestaltung von Bauaufträgen ist die ÖN B 2110 „Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm“. Weiterhin sind folgende Normen zu berücksichtigen (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007):

Verfahrensnormen:

A 2050, A 2051 – Vergabe von Aufträgen

B 2061 – Preisermittlung von Bauleistungen

B 2062 – Aufbau standardisierte Leistungsbeschreibungen

B 2063 – Ausschreibung, Angebot und Zuschlag

Vertragsnormen:

B 2110 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen

B 2114 – Vertragsbestimmungen bei automationsgestützter Abrechnung von Bauleistungen

Übersicht über die ÖNORMEN des Verdingungswesens

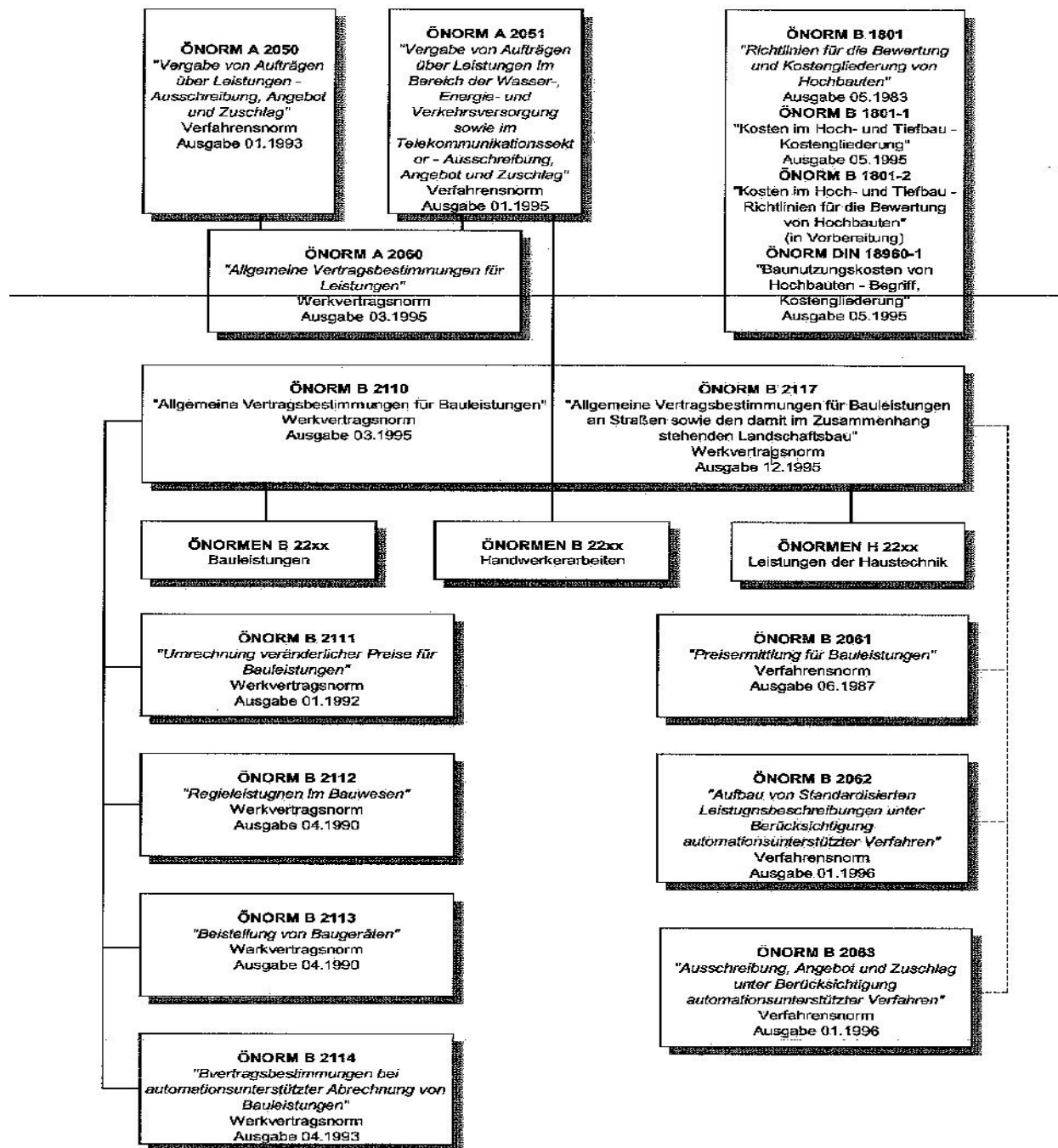


Abbildung 3-3: Übersicht über die ÖNORM-en des Vertrags- und Verdingungswesens . Quelle: (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007)

Die oben genannten Normen definieren die Struktur der Vergabe und Abwicklung im Detail und decken somit die Umstände und Bedingungen ab, bei denen die materielle Information generiert wird (wer, wie, wann etc.). Im Folgenden werden diese näher betrachtet.

3.3.3 Vertrag

Als erste Rahmenbedingung für die Generierung der MI ist die Vertragsart zu nennen. Die MI gehört zwar nicht zu den Schwerpunkten des Vertrages, doch sie lässt sich indirekt in ihrer Form, Qualität und Detailliertheit aus dem Vertrag ableiten (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007).

3.3.3.1 Einheitspreisvertrag

Voraussetzung für diese Vertragsform ist eine sehr genaue Kenntnis der zu erbringenden Leistung in Art und Güte und/oder zumindest eine ungefähre Kenntnis des Umfangs. Als Grundelement dient der Einheitspreis einer Leistung, ausgedrückt in Stück, Zeit, Masse etc. Die Summe von bestimmten Einheitspreisen ergibt den Positionspreis, die Summe aller Positionspreise ergibt den Gesamtpreis. Auf diesem aufbauend wird die Auftragssumme gebildet (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007).

Die Preisbildung anhand der Einheiten setzt eine sehr detaillierte Aufschlüsselung von Leistung und damit für den Materialverbrauch voraus. Die MI wäre in diesem Fall gut dokumentiert (LV, Pläne).

3.3.3.2 Pauschalvertrag

Voraussetzungen für diese Vertragsform sind genau bekannte Art und Güte sowie der Umfang der Leistungen. Es wird ein Pauschalpreis über das ganze Bauvorhaben verhandelt, der unverändert bleibt, auch bei einer erheblichen Unter- oder Überschreitung der Kosten (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007).

In diesem Fall gibt es verschiedene Möglichkeiten der Dokumentation.

3.3.3.3 Mengengarantievertrag

In diesem Fall verpflichtet sich der Auftragnehmer das Bauvorhaben auszuführen, wobei auch bei voraussichtlichen Mengenüberschreitungen eine vereinbarte Vertragssumme eingehalten werden soll. Bei einer Mengenverminderung folgt auch eine Verminderung des Entgeltes. Die Abrechnung erfolgt nach Einheitspreisen mit IST-Massen (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007).

3.3.3.4 Regiepreisvertrag

Bei dem Regievertrag sind die Art, Güte und der Umfang der Leistung oder die Umstände, unter denen sie zu erbringen sind, nicht genau erfassbar. Die Abrechnung erfolgt daher nicht nach Leistung, sondern nach tatsächlichem Aufwand (Arbeitsstunden, Materialverbrauch).

Außer diesen Hauptformen werden in Abhängigkeit von den Besonderheiten des Bauvorhabens öfters Mischformen verwendet bei denen die genaue Erfassung der MI als Teil der Abrechnung oder Kostenermittlung mehr oder weniger möglich sein kann.

3.3.4 Die Leistungsbeschreibung

Die Leistungsbeschreibung ist eine schriftliche, eindeutige, widerspruchsfreie Beschreibung der Produkte und Dienstleistungen, die im Rahmen eines Projektes erbracht werden sollen. Sie ist Grundlage für die Vereinbarung zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber, für die anschließende Realisierung und stellt eine verbindliche Aufgabenstellung des geplanten Projektziels für beide Seiten dar. Die Leistungsbeschreibung muss präzise und vollständig sowie transparent sein und auch die für zum Zeitpunkt der Vertragserstellung Abwesenden nachvollziehbar. Sie kann von Kunden als Teil eines Angebotsdokuments angegeben werden (Gast,G., Czernich, D.2004).

Sie soll alle technischen Spezifikationen enthalten und gegebenenfalls durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Muster etc. ergänzt werden(Gast,G., Czernich, D.2004).

Die Leistungsbeschreibung besteht aus der Baubeschreibung und dem Leistungsverzeichnis, die später detaillierter betrachtet werden.

Unabhängig von ihrer Art soll die Leistungsbeschreibung folgenden Anforderungen entsprechen (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007):

- Eindeutigkeit, Vollständigkeit, Neutralität
- Gleichzeitige Verwendbarkeit für Angebot und Vertrag
- Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Angebote
- Ermittelbarkeit der Preise ohne umfangreiche Vorarbeiten und Übernahme nicht kalkulierbarer Risiken
- Alle Umstände und besondere Anforderungen sollen aufgeführt sein
- Mögliche Folgekosten sollen identifizierbar sein

Es werden die folgenden Formen der Leistungsbeschreibung unterschieden.

3.3.4.1 Konstruktive Leistungsbeschreibung

Die konstruktive Leistungsbeschreibung ist eine exakte Beschreibung der gewünschten Leistung, die durch die Positionen eines Leistungsverzeichnisses mit Angabe der entsprechenden Positionsmengen aufgegliedert wird (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007). Bei einer konstruktiven Leistungsbeschreibung muss der Auftraggeber die Leistungen so eindeutig, vollständig und neutral beschreiben, dass eine Vergleichbarkeit der Angebote gewährleistet ist (Offterdinger, D.: 2006). Die Planung und die Ausführung liegen daher nicht in einer Hand.

3.3.4.2 Funktionale Leistungsbeschreibung

Die funktionale Leistungsbeschreibung enthält keine näheren konstruktiven Angaben, sowie keine Angaben über die zu verwendeten Materialien. Anstelle einer detaillierten Planung, die die konstruktive Leistungsbeschreibung begleitet, enthält die funktionale Leistungsbeschreibung nur Entwurfsgrundlagen. Für die detaillierte Planung ist später der Auftragnehmer verantwortlich. Somit obliegen Planung und Ausführung der gleichen Seite (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007).

3.3.4.3 Standardisierte Leistungsbeschreibung

Laut ÖNORM B2062 ist eine standardisierte Leistungsbeschreibung eine „Sammlung von Texten zur Beschreibung von standardisierten Leistungen, und zwar für rechtliche und technische Bestimmungen (Vertragsbestimmungen) und für Positionen eines künftigen Leistungsverzeichnisses. Diese Sammlung umfasst die Leistungen für ein bestimmtes Sachgebiet in seiner Gesamtheit oder in Bezug auf Teilgebiete“.

Die StLB enthält also exakte, einmal durchdachte Leistungsbeschreibungen in Abstimmung mit den geltenden Normen und mit einer vollständigen Beschreibung von Nebenleistungen. Der Inhalt und der Leistungsumfang einer Position sind immer gleich, daher sind keine eigenen Formulierungen notwendig (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007).

Wie oben schon erwähnt besteht die Leistungsbeschreibung aus den zwei Teilen der Baubeschreibung und dem Leistungsverzeichnis.

Baubeschreibung

Die Baubeschreibung enthält (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007):

- **Allgemeine Beschreibung der Bauleistung** – Art, Zweck, Nutzung, Konzept der Bauleistung
- **Beschreibung des Standorts und der Umgebung** – Baustelle und Umgebungsbedingungen, Anlagen auf der Baustelle, Infrastruktur, Bewuchs etc.
- **Festlegung zur Ausführung der Bauleistung (vor allem bei konstruktiver LB)** – Baudurchführung, bauliche und ausführungstechnische Vorgaben, Besonderheiten und besondere Erfordernisse
- **Beschreibung konstruktiver od. sonstiger Merkmale der Bauleistung** (fast ausschließlich bei konstruktiver LB) – durch Pläne, Muster, Berechnungen (konstr. Aufbau, statische oder bauphysikalische Angaben & Berechnungen, Ausstattung)
- **Leistungsdarstellungen** – Planunterlagen (Lagepläne, Übersichtspläne, Konstruktionspläne, Grundeinlösepläne, Bauablaufpläne etc.)

Leistungsverzeichnis

In der ÖNORM B 2063 werden der Informationsgehalt und der Aufbau des Leistungsverzeichnisses geregelt. Es gibt keine Regelung über den materiellen Inhalt der Positionen. Der standardisierte Aufbau des Leistungsverzeichnisses sieht folgendermaßen aus:

- Hauptgruppen
- Obergruppen
- Leistungsgruppen, Unterleistungsgruppen (1.Rang)
- Unterleistungsgruppen (2.Rang)
- Positionen
 - Einheitspreis & Positionsmengen

- Preisanteile Lohn & Sonstiges

Das Leistungsverzeichnis enthält weiter das Datum der Preisbasis, den Bezug zu der standardisierten LB, LV-Positionsnummern, Positionstexte, Mengen und Mengeneinheiten.

Mit dem Leistungsverzeichnis und der konstruktiven Leistungsbeschreibung wird die MI unter Umständen noch in der Ausschreibungsphase dokumentiert. Jedoch kommt es oft vor, dass während der Ausführungsphase der Leistungsumfang signifikant verändert wird. Daher ist diese Dokumentationsform nicht per se geeignet und verlässlich, um die materielle Zusammensetzung eines fertiggestellten Bauwerks zu ermitteln

3.3.5 Die Akteure

Bei jedem Bauvorhaben sind eine Reihe Beteiligter vertreten. Die Merkmale der Akteure sowie ihre Beziehungen und ihr Zusammenwirken bestimmen und beeinflussen signifikant den Planungsprozess.

Bauwerke sind einzigartige Produkte. Eine Massenproduktion ist nur bedingt möglich und die Beteiligten, die Prozesse und die Abläufe sind somit bei jedem Bauwerk einzigartig.

Allerdings lassen sich die Beteiligten in einige Hauptgruppen untergliedern, welche bei allen Bauvorhaben mehr oder weniger stark ausgeprägt vertreten sind.

Tabelle 3-11: Übersicht über die Beteiligten am Planungs- und Bauprozess. Quelle: Achammer, C., Stöcher, H.: 2005

Bezeichnung	Bedeutung	Funktionen und Aufgaben
Grundeigentümer (bzw. Liegenschaftseigentümer)	Sie sind im Hauptbuch des Grundbuches als Besitzer einer Liegenschaft eingetragen, die aus einem oder mehreren Grundstücken bestehen kann	Der Grundeigentümer haftet dem Bauherrn gegenüber für die Eignung des Grundstückes als Bauplatz; den Behörden gegenüber für die bewilligungskonforme Nutzung der Liegenschaft und für die Entsprechung der gesetzlichen Vorschriften. Eine Bauführung ist nur mit seiner Zustimmung möglich.
Bauherr (als Auftraggeber bzw. Bauwerber)	Rechtspersönlichkeit; sie trifft die Behörden als Bauwerber und die Planer und Ausführende als Auftraggeber, primärer Projektmanager.	Verantwortlich für die termingerechte Fertigstellung und Beauftragung der Planer; Verantwortlich für die Erbringung aller Vorleistungen, damit die Planer und Ausführenden, die Leistungen, für die sie beauftragt wurden rechtzeitig erbringen können; diese Leistungen bezahlen

Bauträger	Bauträger ist die Rechtsperson, die sich durch den Erwerb einer Immobilie bestimmte Rechte aneignet wie z.B. Baurecht, Bestandsrecht und sonstige Nutzungsrechte an das Bauwerk	Im Regelfall erwerben Bauträger Grundstücke, auf die Wohnbauten gebaut werden. Diese werden öfters noch vor Baubeginn an die Nutzer verkauft (Mitfinanzierung). Der Vorteil für den Nutzer ist es, dass er das Bauwerk schlüsselfertig bekommt, der Nachteil, dass er bei der Planung und Ausführung nicht mitwirken kann.
Betreiber	Person oder Einrichtung, die für den Bauwerkserhalt und interner Ablauf verantwortlich ist	Es wird zwischen technischen und kaufmännischen Betreibern unterschieden; der Begriff <i>Facility Management</i> umfasst beide Funktionen im weitesten Sinne
Benutzer	Alle, die ein Nutzungsrecht auf das Bauwerk haben – Eigentümer, Leasingkunden, Mieter etc.	Fall im Planungsprozess eingebunden, müssen sie rechtzeitig ihre Anforderungen bekanntgeben; der Behörde gegenüber verpflichtet sie sich auf widmungsgemäße Nutzung des Bauwerkes
Anlieger und Anrainer	Als Anrainer bezeichnet man die Eigentümer von Grundstücken, die eine gemeinsame Seite oder zumindest Ecke mit der zu bebauender Liegenschaft haben; Anlieger sind die Eigentümer von Grundstücken, die an öffentlichen Verkehrsflächen angrenzen	Anlieger und Anrainer haben einen Anspruch auf Information über das laufende Projekt und Projektphasen, sowie einen Anspruchsrecht bei Streitigkeiten
Planverfasser	Planverfasser sind Ziviltechniker (Architekten und Ingenieurkonsulenten) sowie Befugte des Baugewerbes (Baumeister und Inhaber techn. Büros)	

Ziviltechniker		Die Planverfasser sind verpflichtet, bei der Planung Baugesetze, Verordnungen und Normen zu berücksichtigen und dem Bauherrn gegenüber sind sie verpflichtet, die Planung auftragsgemäß durchzuführen und die Warnpflicht wahrzunehmen
Baumeister		
Inhaber technischen Büros		
Behörden		Die Behörden sind für die ordnungsgemäße Anwendung der Gesetze verantwortlich und begleiten durch den ganzen Planungs- und Bauprozess, angefangen von allen mit dem Standort verbundenen Fragen über Bebauungsart, Infrastrukturschlüsse, Altlasten etc. Die Behörden üben auch eine Kontrollfunktion während des gesamten Planungs- und Bauprozesses aus.
Auftragnehmer	Generalplaner	Die Generalplanung beinhaltet alle Architekten-, Ingenieur- und Fachplanungen. Somit trägt er die volle Verantwortung für die gesamte Planleistung und tritt als einziger Vertragspartner auf Planerseite dem Auftraggeber gegenüber. Der Generalplaner vergibt die einzelnen Planleistungen an die Spartenplaner.
	Gesamtplaner	Der Gesamtplaner trägt ähnlich wie der Generalplaner die volle Verantwortung für die gesamte Planleistung und tritt als einziger Vertragspartner auf Planerseite dem Auftraggeber gegenüber. Der Unterschied zu dem Generalplaner ist, dass der Gesamtplaner auch die gesamte Planleistung übernimmt, ohne sie gesamt oder Teile davon an Spartenplaner weiterzugeben.

Auftragnehmer	Generalunternehmer	Übernimmt keine planerischen Leistungen sondern übergibt diese an Fachplaner außerhalb des Generalunternehmers. Die Bauleistungen erbringt er selbst oder übergibt Teile an Subunternehmer.
	Totalunternehmer	Der Unterschied zu dem Generalunternehmer ist, dass der Totalunternehmer auch Teile oder die gesamte Planungsleistung übernimmt.

3.3.6 Die Generierung und die Dokumentierung der materiellen Information

Die materielle Information wird in unterschiedlichem Ausmaß während der Ausschreibungsphase, der Planungsphase, aber auch während der Ausführungsphase generiert und entsprechend dokumentiert.

Sie wird dadurch beeinflusst, um welchen Auftraggeber und welche Auftragsart es sich beim Objekt handelt (öffentliche oder Sektorenauftraggeber), und in welchem Bereich der Umfang des Objektes liegt (unter oder über dem Schwellenbereich).

Die Vertragsform spielt insofern eine Rolle, als dass sie vor allem die Art der Dokumentation der materiellen Information vorbestimmen kann. So ist z.B. beim Einheitspreisvertrag jede Position genau ermittelt und von beiden Seiten (Auftraggeber und Auftragnehmer) in ihrer Richtigkeit überprüft. Anders ist es beim Regiepreisvertrag. Dort kann im Voraus der Umfang nicht ausreichend genau bestimmt und daher in einem Leistungsverzeichnis beschrieben werden. In diesem Fall wird die materielle Information durch die tatsächlich erbrachten Leistungen bestimmt und durch Massenermittlungen und Massenauszüge dokumentiert.

Die Leistungsbeschreibung ist ein wichtiger Teil des Vertrages und kann in zwei verschiedenen Formen vorkommen. Erstens gibt die funktionelle Leistungsbeschreibung nur die gewünschte Funktion des Objektes an. Die eigentliche Generierung und Dokumentierung der materiellen Information erfolgt erst später und liegt zur Gänze auf der Seite des Auftraggebers. Zweitens enthält die konstruktive Leistungsbeschreibung dagegen die gesamte materielle Information der zu erbringenden Leistung (aufgegliedert bis zu den einzelnen Positionen). Allerdings jedoch kommt eine signifikante Änderung der Leistung und daher der materiellen Information im Laufe der Bauphase nicht selten vor, wodurch eine Ermittlung der materiellen Zusammensetzung eines fertig gestellten Bauwerks anhand der Leistungsverzeichnisse der Ausschreibung nicht möglich ist.

Je nachdem ob und zu welchem Ausmaß der Bauherr an der Planung beteiligt ist, und welche Art von Auftragnehmer mit der Planung und Ausführung beauftragt ist, kann die Generierung der materiellen Information in einer Hand konzentriert sein oder in den Händen jedes einzelnen Subunternehmers oder Einzelunternehmers.

Ein weiterer Faktor, der sich konkret auf die Form der Dokumentation der MI auswirkt, sind die Planungsstandards in den einzelnen Gewerken. So sind zum Beispiel für die nachträgliche Ermittlung der MI aufgrund von Planunterlagen keine zusätzlichen Kenntnisse erforderlich, wenn es sich um Rohbau oder Haustechnikpläne handelt. Gewisse zusätzliche Kenntnisse über einzelne Elemente oder Systeme im Ausbau, sowie gute Kenntnisse in der Elektrotechnik sind dort erforderlich, wo in den Bauplänen zwar Informationen über Trassen und Spannungen enthalten sind aber keine detaillierte Information über die exakten Leitungen. Unabhängig von Auftraggeber, Vertragsart, Vergabe und Auftragnehmer ist eine signifikante Änderung der materiellen Information im Laufe der Bauarbeiten nicht auszuschließen. Die höchste Detailliertheit und Genauigkeit der materiellen Information in der Dokumentation findet sich im Moment der Übergabe des fertig gestellten Bauwerks. Daher ist es sinnvoll, wenn in dieser letzten Phase der Ausführung Maßnahmen eingeführt werden um die materielle Information zu Zwecken der Dokumentation zu gewinnen. Die Information über die materielle Zusammensetzung des Bauwerks kann später einer eventuellen Einschließung des Bauwerks als Sekundärlagerstätte für Ressourcen dienen.

3.3.7 Defizite, Handlungsbedarf

Obwohl die materielle Information in der einen oder anderen Form generiert und dokumentiert wird, wird sie aktuell nicht in der Form erhalten, um eine spätere eindeutige Ermittlung der materiellen Zusammenfassung eines Bauwerks möglich zu machen. Die große Anzahl von Akteuren besonders bei kleineren Objekten ist der Grund dafür, dass die dokumentierte materielle Information eventuell zu keinem Zeitpunkt der Planung, Ausführung und Nutzung des Bauwerks überhaupt zusammengesetzt wird, und wenn, dann nicht erhalten bleibt. Da über 90% der Bauvorhaben, Bauvorhaben kleineren Ausmaßes im Unterschwellenbereich sind, ist momentan nach den Standards der klassischen Planung eine Erfassung der Sekundärlagerstätten für Materialien auf Siedlungs- und Regionalebene nicht möglich.

3.4 Entwicklung eines materiellen Gebäudepass-Konzeptes

3.4.1 Einleitung

Nachhaltigkeit im Bauwesen bedeutet unter anderem Rahmenbedingungen zu schaffen, die es ermöglichen, Bauwerke und Siedlungen in Zukunft effektiv und planbar als Quelle für Sekundärressourcen zu nutzen. Dies erfordert die Entwicklung von Strategien und Verfahren für effizientes Recycling und effektive Wiederverwendung, die aber erst dann möglich sind, wenn die Zusammensetzung von Bauwerken und Siedlungen ausreichen bekannt ist.

3.4.2 Ziel

Das Ziel ist es ein Dokumentationskonzept zu entwerfen und dieses anhand von Fallbeispielen zu testen und zu verifizieren. Es wird im Zusammenhang mit den Rahmendbedingungen des klassischen Planungs- und Bauprozesses untersucht, dieses Konzept als Begleitdokumentation eines beliebigen Bauwerks zu integrieren. Diese Dokumentation beschreibt das Bauwerk in materieller Hinsicht so eindeutig, dass genaue qualitative und quantitative Aussagen über die spätere Wiederverwendungsmöglichkeit der

eingesetzten Materialien als Produkte in der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen getroffen werden können. Es sollen die Defizite für diese Implementierung untersucht und Empfehlungen gemacht werden. Zu diesem Zweck geht eine detaillierte Analyse des klassischen Planungs- und Bauausführungsprozesses voraus.

3.4.3 Arbeitsvorgehen und Meilensteine:

3.4.3.1 Analyse der allgemeinen Funktionen und Konstruktionen innerhalb eines Bauwerk

Um ein Konzept zur Dokumentation eines Bauwerkes in Hinsicht auf Materialverbrauch erstellen zu können, ist die erste Voraussetzung das fundierte Wissen und das Verständnis über die Prozesse und Zusammenhänge in einem Bauwerk.

Zu diesem Zweck wurde ein digitales Modell eines virtuellen Bauwerkes erstellt. Anhand dessen wurden auf einem logischen Niveau die funktionellen und konstruktiven Bereiche, sowie die möglichen Materialien, die in diesen Bereich zum Einsatz kommen können, definiert. Dieses Modell hat erste allgemeine Informationen über die möglichen Schnittstellen auf Material- und Elementebene geliefert.

Die Erkenntnisse aus diesem Modell wurden in der Praxis auf laufenden Baustellen verschiedener Größe getestet. Damit wurden die Hypothesen über funktionelle und konstruktive Zusammenhänge verifiziert und somit die Wissensbasis vervollständigt und verifiziert.

Aus der Arbeit am Modell, sowie aus der Analyse des klassischen Planungsprozesses in einem vorhergehenden Arbeitsschritt und den Erfahrungen bei der Untersuchung eines Bauwerkes in der Praxis konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden. So ist eine Betrachtung und Aufteilung nach „funktionellen Bereichen“ in einem zukünftigen Dokumentationskonzept sinnvoll. Diese „funktionellen Bereiche“ sind in der klassischen Planung die einzelnen Sparten (oder Gewerke). Diese Bereiche können als relativ unabhängig voneinander betrachtet werden. Ihre Planung liegt oft in den Händen verschiedener Planungsgruppen (auch wenn untereinander unbedingt abgestimmt sind). Die Sprache und Symbolik in der Planung ist oft unterschiedlich und die Dokumentationsformen (Planunterlagen, Massenauszüge) haben verschiedene Stellung und Gewichtung (z.B. Haustechnikpläne und Elektrotechnikpläne: die ersten beinhalten die materielle und konstruktive Information im Detail, die zweiten arbeiten mit Trassen und Stromgrößen, eine Darstellung der Material in Form von Anzahl und Art der Leitungen ist vom Plan nicht ablesbar).

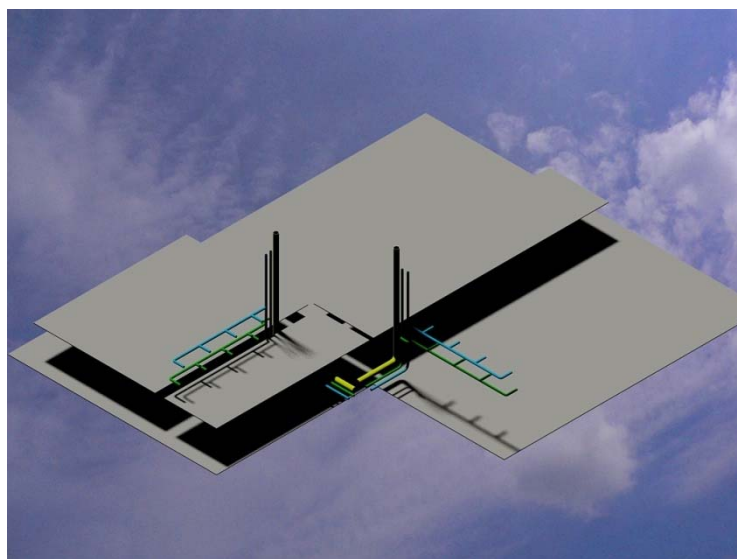
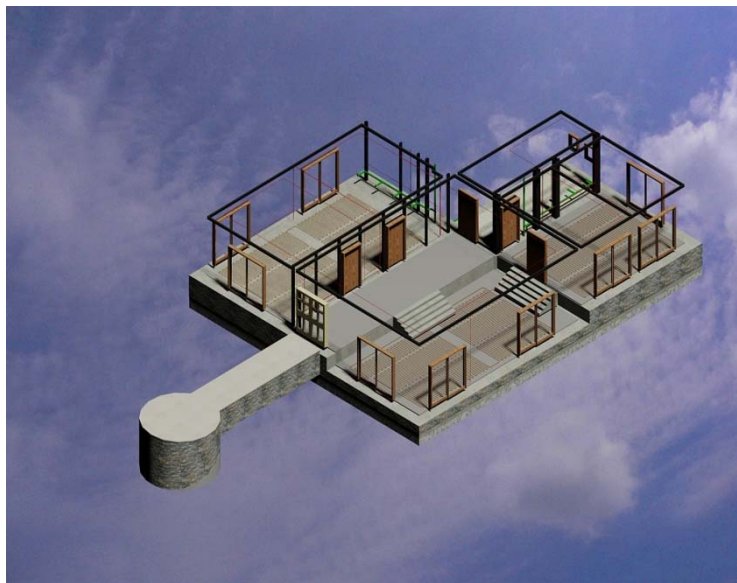
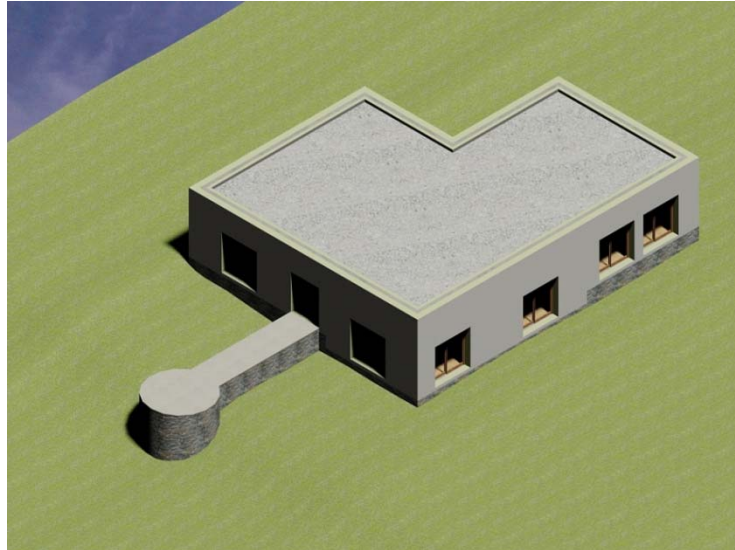


Abbildung 3-4: Screenshots vom digitalen Model: 1) Ansicht, 2) Bodenplatte mit Gesamtinstallationen (TGA und Elektro, Wasser), Türen, Fenster und UK für Trennwände (Ermittlung von Holz, Kunststoff und Metall ausgenommen Baustahl), 3) Ermittlung des Kunststoffeinsatz im Bauwerk

3.4.3.2 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Analyse des klassischen Planungsprozesses

Die Analyse des Planungsprozesses in Theorie und Praxis war einerseits für die Entwicklung des Konzeptes ausschlaggebend, hat aber andererseits auch wichtige Hinweise für die mögliche Implementierung geliefert.

Es wurde die Komplexität des Projektablaufs vor dem eigentlichen Planungsanfang erkannt. Der mögliche Streuungsgrad bei der Generierung der materiellen Information (z.B. der Zeitpunkt: während der Ausschreibung, während der Planung, während der eigentlichen Ausführung; und z.B. die Zuständigkeiten: Planleistungen seitens des Bauherrn, seitens eines Gesamtplaners oder Generalplaners mit Spartenplaner), aber auch die verschiedenen Dokumentationsformen für die materielle Information (Leistungsverzeichnisse, Pläne, Massenauszüge) sind an dieser Stelle zu nennen.

Weiterhin wurde ersichtlich, dass die materielle Information zurzeit nicht ausreichend genug dokumentiert wird, so dass eine nachträgliche Erfassung in jedem einzelnen Fall nötig wäre. Die materielle Information ist am genauesten und detailliertesten im Moment der Fertigstellung und Übergabe des Objektes vorhanden und geht danach in der Regel verloren. Aber auch im Moment der Übergabe, wenn sie am besten beschrieben ist, ist die Informationszusammenstellung mit einem enormen Zeitaufwand verbunden.

Diese Erkenntnisse weisen darauf hin, dass im Rahmen der klassischen Planung, eine vollständige Dokumentation der materiellen Information nur dann möglich ist wenn:

- Im Voraus festgestellt wird, welche die Hauptparameter bei der Planung des konkreten Objekts sind (Auftraggeber, Vertragsform, Auftragnehmers, wer ist für die Planung zuständig und von wievielen Seiten wird daran gearbeitet)
- ermittelt wird, wo die Koordinationsstelle für die Planung ist
- analysiert wird welche Dokumentationsformen beim konkreten Objekt vorkommen werden
- im Voraus die Defizite und der eventuelle Bedarf an zusätzlicher Massen- und Materialermittlung erhoben werden

3.4.3.3 Konstruktiv- funktionelle Aufteilung des Bauwerks

Bei der Betrachtung des Objektes wurden (wie oben schon beschrieben) folgende Aspekte berücksichtigt:

- Die gemeinsame Funktion (die unabhängig von Größe, Nutzung des Objektes, Bauherr und Vergabeform immer auftritt)
- Der Zeitpunkt der Erstellung während des Bauprozesses
- Besonderheiten der MI-Dokumentation

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte, wird das Bauwerk im Einzelnen wie folgt unterteilt und betrachtet:

- Bereiche - die Bereiche entsprechen im Allgemeinen den einzelnen Gewerken und stellen funktionelle und/oder konstruktive und planerische Einheiten (z.B. Rohbau, Haustechnik) dar.
- Unterbereiche – die Unterbereiche sind thematische, funktionelle und konstruktive Bestandteile der übergeordneten Bereiche und unterscheiden sich nach ihrer Aufgabe voneinander (Gründungen – Pilote und Streifenfundamente; Rohbau – Kern, Fassade/Gebäudehülle, Dach)
- Bauelemente – sind die Bestandteile der einzelnen Unterbereiche (z.B. Kern im Rohbau – tragende und aussteifende Wände, Decken, Stützen und Träger, Liftschacht, Stiegenhaus)
- Aufbau (Materialien) - die Materialien, aus denen ein Bauelement besteht (z.B. Außenwand – Wärmedämmung, Dampfsperre, massiver Teil (Beton, Mauerwerk) – Anm.: Putze, Estriche und Anstriche, sowie Beschichtungen und Farbe werden aus ressourcenrelevanten Überlegungen als Beschichtungen und nicht als Materialien bezeichnet)

3.4.4 Erstellung des Gebäudepass – Konzeptes

Mit diesem Konzept wird keine Bewertung von Bauwerken oder Materialien erzielt. Das Ziel dieses Konzeptes ist es eine qualitative und quantitative Aussage über die Materialien in einem beliebigen Bauwerk machen zu können. Darin sollen Informationen über ihre Lage im Bauwerk, die möglichen Schnittstellen, sowie über die Art des Materials und der Elementen und Materialverbindungen in Bezug auf Trennbarkeit enthalten sein.

Diesen Anforderungen entsprechend wurde eine baumartige Struktur nach unten dargestellter Unterteilung aufgebaut.

Die Dokumentierung der Materialien wird in zwei Phasen durchgeführt und in zwei verschiedenen Richtungen: zuerst qualitativ top-down, anschließend quantitativ bottom-up.

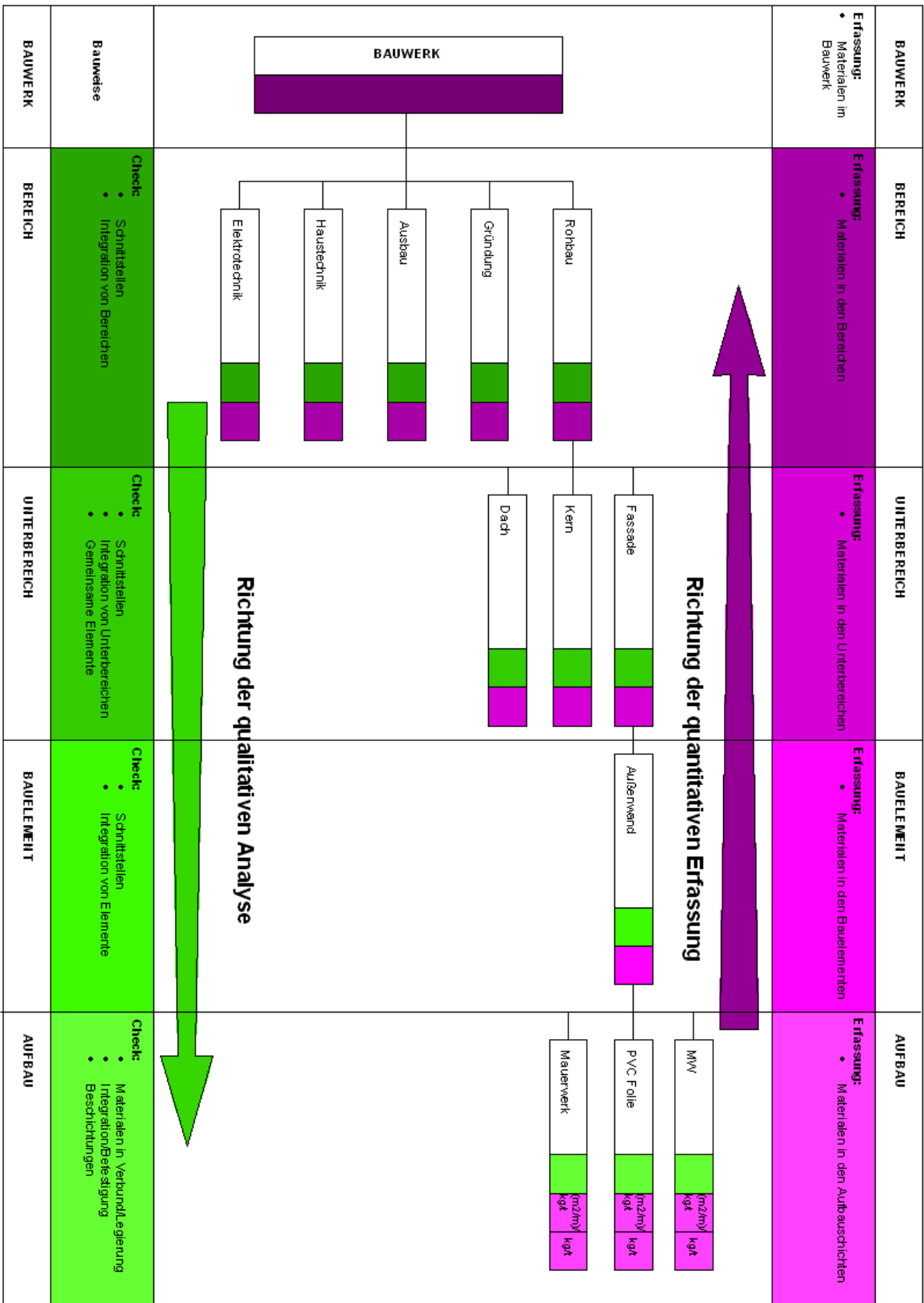


Abbildung 3-5: Die Struktur des Gebäudepasskonzeptes (an dem Beispiel Rohbau – Fassade – Außenwand – Aufbau)

3.4.4.1 Qualitative Dokumentation

Zu Beginn werden die einzelnen Bereiche anhand der baumartigen Struktur auf die dazugehörigen Unterbereiche aufgeteilt. Die Unterbereiche werden auf Bauelemente, und die Bauelemente auf die Materialien im Aufbau unterteilt. In diesem Schritt wird die Struktur vom Allgemeinen bis hin auf die einzelnen Materialien verfolgt (top-down). Hierbei werden auf jeder Ebene die Schnittstellen und gemeinsamen Teile angegeben, um eine Verdoppelung der Mengen zu vermeiden und um Verbundkonstruktionen als solche anzugeben.

Auf letzter Materialebene werden die einzelnen Materialien mit Angaben über eventuelle Verbundeigenschaften des Materials und den Aufbau des Verbundes (Flächenverklebungen etc.) beschrieben. Hier beginnt die zweite Phase der Dokumentation.

3.4.4.2 Quantitative Dokumentation

Im Allgemeinen wird jedes Material in jedem Element, jedem Unterbereich und Bereich in Form von Produkten vertreten sein. Um den eigentlichen Materialeinsatz zu ermitteln, sind auf dieser Ebene eine geometrische und eine Materialgröße notwendig, deren Produkt die Menge ergibt. Dafür ist eine zusätzliche Datenermittlung notwendig (Gewicht von Rohren, Leitungen etc.).

Die Materialmengen werden dann über die Ebenen der Elemente, Unterbereiche und Bereiche hin bis zur Ebene Bauwerk aufsummiert. An diesem Punkt sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Wie sieht die qualitative Zusammensetzung des Bauwerks aus (Materialpalette)?
- Welche Gesamtmengen von jedem Material sind im Bauwerk eingesetzt?
- Wie sind die Materialien im Bauwerk verteilt, und in welchem Bereich und Unterbereich sind die größten Mengen eines konkreten Materials vorhanden?

3.4.5 Bestimmung der Anforderungen an die gesuchten Beispielsobjekte

Ursprünglich bestand der Wunsch, das Konzept an möglichst vielen, unterschiedlichen Bauwerken im Bestand zu testen. Folgende Beispiele seien im Folgenden genannt:

Nutzung	Größe	Bauweise
Wohnbau	Einfamilienhaus	Massiv
Wohnbau	Einfamilienhaus	Leicht (Holz)
Gewerbebau		Massiv
Bürobau		Massiv
Bürobau		Leicht/gemischt

Im Laufe der Suche, bedingt durch die Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Referenzobjekten wurden die Beispiele reduziert.

Für die Projektzwecke wurde ein Bauwerk in Massivbau vom Österreichischen Ökologie Institut zur Verfügung gestellt. Dieses diente auch als Referenzobjekt im gesamten Forschungsvorhaben „Nachhaltigkeit Massiv“. Für dieses Objekt wurden Pläne, eigene Massenermittlungen vom Österreichischen Ökologieinstitut und LV für die TGA zur Verfügung gestellt.

Weiters wurde ein Einfamilienhaus in Massivbauweise organisiert. Bei diesem Objekt ist eine vollständige Dokumentation vorhanden.

Eine weitere Berechnung am Beispiel eines Gewerbebaus wird im Rahmen einer Dissertationsarbeit am Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft an der TU Wien durchgeführt. Eine Zustimmung für die Verwendung von Planunterlagen und für die Publikation von Ergebnissen bezüglich dieses Objektes ist nur im Rahmen der Dissertation.

3.4.6 Aufwand

Während der Arbeit wurden bei der Beschaffung der Referenzobjekte die Unterschiede im Detaillierungsgrad der Dokumentation, sowie deren späterer Erhaltung, in Abhängigkeit von Nutzung und Größe des Objektes, ermittelt.

Von den zwei möglichen Einfamilienhäusern in Massivbauweise, die in Frage kamen, wurde eines aufgegeben, da die Dokumentation, Planqualität und Detailliertheit, besonders in den Bereichen Elektrotechnik und Haustechnik, keine Möglichkeit zur Ermittlung des Materialaufwandes ergeben haben. Die Situation war zusätzlich durch die Tatsache erschwert, dass die Eigentümer des Hauses die einzelnen Gewerke, die Planungsleitung und die Ausführung, an verschiedenen Einzelunternehmer vergeben hatten und nach Fertigstellung keine Pläne verlangt hatten.

Beim zweiten Einfamilienhaus wurde die Planung und Ausführung von einem Totalunternehmer übernommen. Es handelte sich außerdem um einen Eigentümer, der auf

die Übersichtlichkeit und die Detailliertheit der Planunterlagen ausdrücklich bestanden hat. Dennoch waren zusätzliche Gesprächen, Objektbesuche und Vermessungen zur Klärung einiger Sachverhalte notwendig.

Im Bereich Gewerbebau mit öffentlichem Auftraggeber war die gesamte Dokumentation im Detail vorhanden (bis auf die Massenermittlungen in der Elektrotechnik, da sich das Objekt in Bau befand). Der größte Zeitaufwand wurde dadurch verursacht, dass die einzelnen Gewerke an Einzelunternehmer vergeben waren und die Dokumentation von jedem einzelnen organisiert werden musste. Der gesamte Prozess der Beschaffung der Dokumentation vom gesamten Objekt erstreckte sich damit über Monate.

Das Ergebnis aus der Organisation der Referenzobjekte war eine Bestätigung für die Vermutung, dass angesichts der Komplexität im Vergabewesen, eine aufwandsneutrale, nachträgliche Ermittlung der materiellen Information generell nicht möglich ist, da die Planungs- und Dokumentationsstandards in ihrer jetzigen Form dafür nicht optimiert sind.

4 Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Der Schwerpunkt dieses Arbeitspaketes lag in der Erarbeitung von Bewertungsindikatoren, die in das Gebäudebewertungssystem TQ integriert werden können, um es um Aspekte der Ressourceneffizienz zu erweitern.

Die Bewertungsindikatoren wurden mittels einer qualitativen Materialbilanz hergeleitet. Die Parameter in der Bilanz, die zur Zusammenstellung der mathematischen Algorithmen der Indikatoren dienen, erlauben eine Bewertung der Materialien sowohl auf regionaler Ebene (Systemgrenzen – Region), sowie auf Objektebene (Systemgrenze – Bauwerk). Je nach Prioritäten der Bewertung kann die Berechnung auf regionaler oder Objektebene durchgeführt werden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten zu können, dürfen bei einer vollständigen Bewertung ausgewählter Materialien entweder nur eine oder beide Formen der Bewertung angewendet werden. Jedoch setzt die umfangreiche Verwendung dieser Indikatoren die Erstellung einer fundierten Datenbasis voraus. Die fehlende Datenbasis war der Grund dafür, dass für einige Indikatoren und Materialien die Berechnung für beide Formen (regionale und Objektebene) und für andere Materialien dagegen nur für eine Form möglich war.

Mit der Ergänzung der Bewertungsaspekte des TQ um die Ressourceneffizienz werden Materialien umfangreicher bewertet. Für die Bauwirtschaft heißt das eine objektivere Bewertung vor allem für mineralische Materialien, die bei bisherigen Bewertungen anhand weniger Indikatoren tendenziell einseitig in ihrer „Nachhaltigkeit“ dargestellt wurden.

5 Ausblick und Empfehlungen

Als eine der größten Schwierigkeiten bei der Forschungsarbeit in diesem Bereich hat sich die z. T. fehlende und unvollständige sowie nicht standardisierte Datenbasis erwiesen. Ähnlich war der Stand des Wissens in einem anderen Aspekt der Nachhaltigkeit – der Energieverbrauch und Energieeffizienz. Hierin war eine Datenbasis für Forschung und Entwicklung anfangs auch nicht gegeben. In den letzten Jahren intensiver Forschungsarbeit wurde diese Wissensbasis weiterentwickelt und heute existieren Datenbanken mit vielen energierelevanten Parametern, die ständig optimiert und verbessert werden. Es ist zu wünschen, dass die gleichen Entwicklungs- und Verbesserungsprozesse der Datenbasis auch im Forschungsbereich Ressourceneffizienz und -verbrauch im Bauwesen zukünftig anregt werden. Dies wird nicht nur zur Datengenerierung selbst beitragen, sondern auch den Bedarf und die Nachfrage nach diesen Daten in Form von Statistiken und Berichten steigern. Eine Harmonisierung der Parameter in den Statistiken der einzelnen Branchen (Holz, Stein und Keramik, Stahl etc.) würde einen fundierten Vergleich des Materialhaushalts der einzelnen Materialien ermöglichen. Damit könnten Verbrauchstrends verglichen und verfolgt, Optimierung vorgenommen oder gar neue Strategien entwickelt werden.

Ein Beitrag in diese Richtung könnte seitens des Bauwesens die Initiierung und die Unterstützung bei der Standardisierung, Vervollständigung und Erhaltung der Dokumentation der materiellen Information sein, so dass eine effiziente und planbare Nutzung des Ressourcensekundärlagers im Gebäudepark möglich wird. Dies könnte ohne wesentlichen zusätzlichen Zeit- und Kostenaufwand erreicht werden, da die Information ohnehin generiert und dokumentiert wird.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Darstellung des Materialverbrauchs im Bauwesen für die Region Österreich 2005-2007.....	14
Tabelle 3-2: Beispiele für innovative Baumaterialien	16
Tabelle 3-3: Anreize und Barrieren bei der Entwicklung neuer Materialien für das Bauwesen. Quelle: Glass, J.: 2008	17
Tabelle 3-4: Übersicht der Methoden zum Prognostizieren neuer Technologien. Quelle: Cheng, A.C.: 2006.....	18
Tabelle 3-5: Übersicht über wichtige Gebäudebewertungssysteme (Zertifizierungssysteme)	20
Tabelle 3-6: Berechnung der Verfügbarkeit für Aluminium.	22
Tabelle 3-7: Beispiele für die Rezyklierbarkeit von Baumaterialien:	23
Tabelle 3-8: Berechnung der Eigenversorgung für Aluminium und Holz	24
Tabelle 3-9: Berechnungsbeispiel für Scale- Up von Aluminium bei Verdoppelung des Verbrauchs im Bauwesen	25
Tabelle 3-10: Berechnungsbeispiel für Scale- Up von Holz (Region Österreich)	26
Tabelle 3-11: Übersicht über die Beteiligten am Planungs- und Bauprozess. Quelle: Achammer, C., Stöcher, H.: 2005.....	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Analyse zur Ermittlung der bestgeeigneten Methode für Materialprognostizierung. Quelle: Cheng, A.-C.: 2006	19
Abbildung 3-2: Qualitative Materialbilanz für die Region Österreich.....	21
Abbildung 3-3: Übersicht über die ÖNORM-en des Vertrags- und Verdingungswesens . Quelle: (Schwarz,H., Reckerzügl, W.:2007)	29
Abbildung 3-4: Screenshots vom digitalen Model: 1) Ansicht, 2) Bodenplatte mit Gesamtinstallationen (TGA und Elektro, Wasser), Türen, Fenster und UK für Trennwände (Ermittlung von Holz, Kunststoff und Metall ausgenommen Baustahl), 3) Ermittlung des Kunststoffeinsatz im Bauwerk	39
Abbildung 3-5: Die Struktur des Gebäudepasskonzeptes (an dem Beispiel Rohbau – Fassade – Außenwand – Aufbau).....	42

Literaturverzeichnis:

1. Achammer, Ch., Stöcher, H.: Bauen in Österreich, Birkhäuser, Basel, 2005
2. Arndt, M.: Kreislaufwirtschaft im Baubereich: Steuerung zukünftiger Stoffströme am Beispiel von Gips, Dissertation eingereicht an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2000
3. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hg.): Sonderauswertung zur Abfallbilanz 2002 – Erfassung und Entsorgung von Altholz, 2003
4. Baccini, P., Brunner, P.H.: Metabolism of the Anthroposphere, Springer – Verlag, Berlin, 1991
5. Bauer, J.; Zormaier, F.; Borchert, H.; Burger, F. (2006): Energieholzmarkt in Bayern. LWF Wissen Nr. 53, 67 S.
6. Blum, A.: „Building Passport“ – A Tool for Quality, Environmental Awareness and Performance in the Building Sector, In: OECD/IEA Joint Workshop on the Design of Sustainable Building Policies – Summary and Conclusion and Contributed Papers. Part 2., Paris, 2001
7. BMLFUW (Hg.): Bauwerk Österreich – Endbericht, GUA Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH, Wien, 2003
8. BMLFUW (Hg.): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006
9. Brunner, P.H.: Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement, Synthesebericht über Projekte zur Ausrichtung der österreichischen Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten im Auftrag von BMLFUW, Wien, 2004
10. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hg.): Beitrag der Abfallwirtschaft zum Aluminiumhaushalt Österreichs, Endbericht, GUA Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH, UV&P - Umweltmanagement-Verfahrenstechnik Neubacher & Partner GmbH, 2003
11. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hg.): Leitfaden nachhaltiges Bauen, 2001
12. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hg.), Haselsteiner, E.: PROJEKT(T)RAUM_HAUS_ZUKUNFT, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 03/2007
13. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hg.): Standardisierte Leistungsbeschreibung LB-Hochbau, Version 17, 04/2005
14. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hg.): Standardisierte Leistungsbeschreibung LB-Haustechnik, Version 07, 04/2005
15. Bundesamt für Energie BFE, Bern (Hg.), Pestalozzi, Ch.: eco-devis, Ökologische Leistungsbeschreibungen, Forschungsprogramm – Rationelle Energienutzung in Gebäuden REN, 2003
16. Cheng A., Chen C., Chen, C.: A fuzzy multiple criteria comparison of technology forecasting methods for prediction the new materials development, Technology Forecasting & Social Change 75, 2008, S. 131 – 141
17. Das Land Steiermark, FA 17A-Energiewirtschaft und allgemeine technische Angelegenheiten (Hg.): Glas im Bauwesen. Technische Grundlagen zur Sicherheitsfragen bei Glas im Bauwesen, 2007
18. Dehn, F., König, G., Marzahn, G.: Konstruktionswerkstoffe im Bauwesen, Ernst&Sohn, Berlin, 2003
19. Deplazes, A., EMPA (Hg.): Baustofflabel Gebäude/eco-bau, <http://www.stadt-zuerich.ch>, letzter Zugriff: 30.09.2009
20. Eisele, J., Kloft, E. (Hg.): Hochhaus Atlas, Callwey, 2002
21. EMPA (Hg.): Schließung von Stoffkreisläufen - vom frommen Wunsch zur dringenden Notwendigkeit, http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/71720/---/l=1, letzter Zugriff 30.09.2009

22. EMPA (Hg.), Hoffmann, C., Jacobs, F.: Recyclingbeton aus Beton- und Mischabbruchgranulat, Sachstandbericht, 2007
23. Erbreich, M.: Die Aufbereitung und Wiederverwendung von Altholz von Mitteldichten Faserplatten (MDF), Dissertation eingereicht an der Universität Hamburg, 2004
24. Fachverband der Holzindustrie Österreichs (Hg.): Branchenbericht 2004/2005
25. Fachverband der Holzindustrie Österreichs (Hg.): Branchenbericht 2005/2006
26. Fachverband der Holzindustrie Österreichs (Hg.): Branchenbericht 2006/2007
27. Fachverband der Stein- und keramischen Industrie (Hg.): Jahresbericht 2005, 2006
28. Fachverband der Stein- und keramischen Industrie (Hg.): Jahresbericht 2006, 2007
29. Fachverband der Stein- und keramischen Industrie (Hg.): Jahresbericht 2007, 2008
30. Frondel, M., Schmidt, Ch.: Von der baldigen Erschöpfung der Rohstoffe und anderen Märchen, in: RWI: Positionen Nr. 19, 13.07.2007
31. Gast, G., Czernich, D.: Vergaberecht leicht gemacht, Redline Wirtschaft, Wien, 2004
32. Guirrero, R.: New materials and related recovery and /or recycling problems, Resources, Conservation and Recycling, 10, 1994, S. 123- 136
33. Hanl, K.: Bundesvergabegesetz 2002, NWV Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien 2002
34. Haltermann, I., Pfeil, F.: Raw Material Scarcity as a Risk of Conflict and an Impediment to Development?, Workshop Documentation, BASK conference centre, Berlin 2006, http://www.sef-bonn.org/download/veranstaltungen/2006/2006_fws_ressourcen_dokumentation_en.pdf, letzter Zugriff: 30.09.2009
35. IBO GmbH (Hg.): Ökopass – Der IBO-Gebäudepass in der Praxis, in: IBO Magazin 4/04, S.4-6
36. IBO GmbH (Hg.): Der OI3 - Index, in: IBO Magazin 2/06, S.3-7
37. James R.: New materials from theory: trends in the development of active materials, International Journal of Science and Structures 37, 2000, S. 239-250
38. Kalt, G.: Perspektiven für die energetische Holznutzung bis 2050 unter Berücksichtigung der stofflichen Verwertung, http://publik.tuwien.ac.at/files/pub-et_13469.pdf, letzter Zugriff 30.09.2009
39. Kohler, N.: Grundlagenlagen zur Bewertung kreislaufgerechter, nachhaltiger Baustoffe, Bauteile und Bauwerke, Vortrag im Rahmen von 20. Aachener Baustofftag, 03/1998, http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/web/ifib_dokumente/downloads/BAUSTOFFE.pdf , letzter Zugriff: 30.09.2009
40. Konradt, O.: Methodology Development towards a Label for Environmental, Social and Economic Buildings (LEnSE), 2006
41. Kalusche, W.: Projektmanagement für Bauherr und Planer, R. Oldenburg Verlag München, München, 2002
42. KSKB Kantonalverband Steine, Kies, Beton (Hg.): Rohstoffe aus der Region, für die Region - natürlich, Kantonale Rohstoffstatistik 2000
43. KSKB Kantonalverband Steine, Kies, Beton (Hg.): Rohstoffe aus der Region, für die Region - natürlich, Kantonale Rohstoffstatistik 2003
44. Kümmerl, J.: Rezyklieren von Leichtbeton, IWB Jahresbericht, 1996-1997, S. 42 - 46
45. Langen, W., Schiffers, K.-H.: Bauplanung und Bauausführung, Werner Verlag, Darmstadt, 2005
46. Lichtensteiger, T.(Hg.): Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspender, VDF, 2006
47. Lützkendorf, T.: Von der Ökobilanzierung zur integrierten Lebenszyklusanalyse – Wege zur Verknüpfung von Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit in der Planung, Universität Karlsruhe, 19. MOE-Tagung 2002

48. Lützkendorf, T.: Der Gebäudepass als Instrument eines Gebäudeinformationssystems,
49. Maine, E.m.A., Aschby, M.: An investment methodology for materials, *Materials and Design* 23, 2002, S. 297 – 306
50. Möbius, A.: Neue Perspektiven zur Verwertung von Recycling-Betonsand: Produktideen und erste Ergebnisse, Bauhaus Universität Weimar, Vortrag im Rahmen der Konferenz „Ausgezeichnete Gebäude“, Wien, 2005
51. Müller, C.: Nachhaltiger Konsum braucht Eigenproduktion: Das Allgäuer Zentrum für Eigenversorgung, In: Sherhorn: Gerhard/Weber, Christoph (Hg.): nachhaltiger Konsum. Auf dem Weg zur gesellschaftlichen Verankerung, S. 91-97, ökom Verlag, München, 2002
52. Novatlanits, EMPA, EAWAG (Hg.): Baustoffmanagement 21, Schlussbericht, 2004
53. ÖNORM A 2050 „Vergabe von Aufträgen über Leistungen - Ausschreibung, Angebot, Zuschlag - Verfahrensnorm“, Stand: 2006
54. ÖNORM A 2051 „Vergabe von Aufträgen über Leistungen im Bereich Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung - Ausschreibung, Angebot und Zuschlag - Verfahrensnorm“, Stand: 2006
55. ÖNORM B 2063 „Ausschreibung, Angebot und Zuschlag unter Berücksichtigung automationsgestützter Verfahren - Verfahrensnorm“, Stand: 2006
56. ÖNORM B 2110: „Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm“
57. ÖNORM B 2114: „Vertragsbestimmungen bei automationsunterstützter Abrechnung von Bauleistungen – Werkvertragsnorm“
58. Pro:Holz Austria GmbH (Hg.): Die österreichische Forst- und Holzwirtschaft in Daten & Zahlen, 2005
59. Preisig, H.: Massiv- oder Leichtbauweise?, SIA(Hg.), in: tec21, Nr. 42, 2002
60. Pulli, R.: Überblick über die Ökobilanzierungen von Gebäuden, Endbericht, Untersuchungen im Rahmen des IEA BCS Annex 31: Energy Related Environmental Impact on Buildings, ETH Zürich, 1998
61. Schachenmann, M.: Auswirkungen der Biomasse auf der Warenströme – wer nimmt wem der Rohstoff weg?, in: Holz 03, Papierholz –Austria GmbH (Hg.), 2003, <http://www.papierholz-austria.at/co.hdl/1/1782/Biomasse%20und%20Warenstr%C3%B6me%204.11.2003.pdf> , letzter Zugriff: 30.09.2009
62. Scholz, W., Knoblauch H.: Baustoffkenntnis, 16. Auflage, Werner Verlag, Köln, 2007
63. Schwarz, H., Reckerzügl, W.: Management und Abwicklung von Bauprojekten, Skriptum, 2007
64. Srinivas,S., Sutz, J.: Economical Development and Innovation: Problem-Solving in Scarcity Conditions, Center for International Development at Harvard University, 2006, http://www.cid.harvard.edu/cidwp/pdf/grad_student/013.pdf, letzter Zugriff: 30.09.2009
65. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Hochbaudepartement (Hg.): Städtische Hochbauten in ökologisch sinnvoller Ausführung mit Recycling – Beton, Zürich, 2005
66. Statistik Austria (Hg.): Gebäude- und Wohnzählung – 2001, Bearbeitungsstand 2007, Statistik Austria, 2007
67. Statistik Austria (Hg.): Wohnbautätigkeit – Bewilligungen und Fertigstellung 2002 und Wohnbaukosten 2001,, Statistik Austria, 2004
68. Statistik Austria (Hg.): Konjunkturstatistik im Produzierendem Bereich, Band 2 – Produktionsergebnisse nach ÖCPA 2002 und ÖPRODCOM - 2005 , Statistik Austria, 2006
69. Statistik Austria (Hg.): Konjunkturstatistik im Produzierendem Bereich, Band 2 – Produktionsergebnisse nach ÖCPA 2002 und ÖPRODCOM – 2006, Statistik Austria, 2007
70. Statistik Austria (Hg.): Konjunkturstatistik im Produzierendem Bereich, Band 2 – Produktionsergebnisse nach ÖCPA 2002 und ÖPRODCOM -2007, Statistik Austria, 2008

71. Statistik Austria (Hg.): Statistisches Jahrbuch 2008, Bauwesen, S. 387-393 , Statistik Austria, 2009
72. Statistik Austria (Hg.), Petrovic, B.: Holzbilanz 1999 bis 2003, Statistik Austria, 2004
73. The Parliamentary Office of Science and Technology (Hg.): Smart Materials and Systems, www.parliament.uk/parliamentary_offices/post/pubs2008.cfm, 2008
74. Thormark, C.: The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building, in: Building an Environment 41, 2006, S. 1019 - 1026
75. Willkomm, W.: Recyclinggerechtes Konstruieren im Hochbau, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1990
76. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2009
77. Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Hg.), Kaiser, C.: Das Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen – Status Quo, Perspektiven und Handlungsbedarf aus Sicht einer nachhaltigen Ressourcenpolitik, Düsseldorf, 2007
78. WWF (Hg.): Building Towards Sustainability: Performance and progress among the UK's leading house-builders, Executive summary, <http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/bts.pdf>, letzter Zugriff: 30.09.2009

Anhang

Anhang A: Darstellung der klassischen Materialien im Bauwesen

Anhang B: Qualitative Materialbilanz für eine Region, Bilanzparameter für die Ermittlung der Indikatoren für die Bewertung der Materialeffizienz im Bauwesen, zusätzliche Parameter

Anhang C: Ergebnisse aus der Erfassung des Materialaufwands anhand der Fallbeispiele „Einfamilienhaus“ und „Utendorfgasse“.

Tabellenverzeichnis Anhang

Tabelle A 1 Darstellung der klassischen Materialien im Bauwesen

Tabelle B-1: Parameter aus der qualitativen Materialbilanz, die direkt zur Ermittlung der Indikatoren relevant sind

Tabelle B-2: zusätzliche Parameter, die aus der Literatur zu entnehmen oder empirisch zu ermitteln sind und die direkt zur Ermittlung der Indikatoren herangezogen werden

Tabelle B-3: Parameter aus der qualitativen Materialbilanz, die indirekt zur Ermittlung der Indikatoren relevant sind

Tabelle C-1: Objektbeschreibung – Objekt 1: Einfamilienhaus

Tabelle C-2: Farblegende für Objekt

Tabelle C-3: Materialerfassung – Außenwand (Beton)

Tabelle C-4: Materialerfassung – Fundamente und Bodenplatten

Tabelle C-4: Materialerfassung – Fundamente und Bodenplatten

Tabelle C-5: Materialerfassung – Außenwand (Mauerwerk)

Tabelle C-6: Materialerfassung – Dach

Tabelle C-7: Materialerfassung – Decke

Tabelle C-8: Materialerfassung – tragende Wände

Tabelle C-9: Materialerfassung – Innentreppe

Tabelle C-10: Materialerfassung – Trennwände

Tabelle C-11: Materialerfassung – Fenster und Türen

Tabelle C-12: Materialerfassung – elektrotechnische Anlagen

Tabelle C-13: Materialerfassung – TGA

Tabelle C-14: Materialerfassung für das gesamte Objekt nach Bereichen und Unterbereichen

Tabelle C-15: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt „Einfamilienhaus“

Tabelle C-16: Farblegende für das Objekt „Wohnbau – „Utendorfasse

Tabelle C-17: Materialerfassung - Kellerdecke

Tabelle C-18: Materialerfassung Außenwand (Fall „Massiv“)

Tabelle C-19: Materialerfassung – Dach (Fall „Massiv“)

Tabelle C-20: Materialerfassung – Geschoßdecke

Tabelle C-21: Materialerfassung – Keller, Bodenplatte

Tabelle C-22: Materialerfassung – Keller, Trennwand

Tabelle C-23: Materialerfassung – Keller, erdberührte Wand

Tabelle C-24: Materialerfassung – Außenwand (Fall „Holzmassiv“)

Tabelle C-25: Materialerfassung – Dach (Fall „Holzmassiv“)

Tabelle C-26: Materialerfassung – Dach (Fall „Holzmassiv“)

Tabelle C-26: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Massiv“

Abbildungsverzeichnis Anhang

Abbildung B-1: Qualitative regionale Materialbilanz

Abbildung C-1: Darstellung des Materialaufwandes für das Objekt Einfamilienhaus

Abbildung C-2: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Massiv“

Abbildung C-3: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Holzmassiv“

Anhang A

Folgende Tabelle liefert ein Überblick über die klassischen Materialien des Bauwesens.

Die Tabelle ist in drei Ebenen aufgegliedert: 1) in die Hauptgruppen aller Materialien mit gleichen chemischen, konstruktiven oder funktionellen Eigenschaften (Natursteine, mineralische Werkstoffe, Dämmstoffe); 2) in Untergruppen, die das Material im Allgemeinen darstellen, und 3) in Beispiele für die Produktformen, in denen das konkrete Material auftreten kann.

Teilweise wurden keine Beispiele gegeben, da die Produkte selbst eine vorwiegend reine Form des Materials darstellen (z.B. Aluminiumprodukte).

Die vorgeschlagenen Beispiele sind keine vollständige Darstellung der möglichen Produktformen, sondern sollen die häufigsten Anwendungen schildern.

Tabelle A-1: Darstellung der klassischen Materialien im Bauwesen

Hauptgruppe		Hauptgruppe	
Natursteine		Mineralische Werkstoffe	
Untergruppe	Beispiele	Untergruppe	Beispiele
Kalkstein	Marmor, Kalktuffe	Mineralische Bindemittel	Zement, Kalk, Gips
Sandstein	Grauwacken, Konglomerate, Quarzit	Beton	Normalbeton, Leichtbeton, selbstverdichtender Beton, ultrahochfester Beton, Porenbetonsteine, Fertigbetonteile
Ton, Lehm, Bentonit		Mauerwerk	Mauerwerkziegel, Klinker, Pflastersteine, Schornsteinziegel
Tiefengesteine	Granit, Diorit	Spezielle Ziegel	Dachziegel, Steinzeugwaren, feuerfeste Baustoffe
Erdgussgesteine	Basalt, Porphyrit	Sanitärkeramik	Sanitärfliesen
Metamorphe Gesteine	Serpentinit, Gips	keramische Fliesen und Platten	Spaltplatten, Bodenklinkerplatten

Gesteinskörnung für Mörtel und Beton			
--------------------------------------	--	--	--

Hauptgruppe		Hauptgruppe	
Bauglas		Bindemittel, Putz und Estrich	
Untergruppe	Beispiele	Untergruppe	Beispiele
Flachglas	Floatglas, Drahtglas, selbstreinigendes Glas	Gipsbinder	
Sicherheitsglas	Einscheiben-, Sicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas	Magnesiumbindemittel	
Isolierglas		Baukalke	Luftkalke, hydraulische Kalke
Profilbauglas und Pressglas	Glassteine, Betongläser, Glasdachsteine	Zement	Portlandzement, Hochofenzement, Flugaschenzement
Glasfasern	Textilglas, Glaswolle	Mauermörtel	
Schaumglas		Putzmörtel	
		Estriche	MG.Estrich, Ca-Estrich, Zementestrich, Gussasphaltestrich, Industriestriche , Kunststoffestriche

Hauptgruppe		Hauptgruppe	
Klebstoffe, Spachtelmasse		Kunststoffe	
Untergruppe	Beispiele	Untergruppe	Beispiele
Klebstoffe		Plastomere	Polyolefine, Polyvinyle, Polyfluorcarbonate, Polyamide, lineare Polyester
Spachtelmassen	Spachtelputz, Kunstharzputz	duroplastische und vollsynthetische Kunststoffe,	Formaldehydharze, vernetzte Polyester, Epoxidharze, glasfaserverstärkte Kunststoffe, Polyurethane
Kitte	Leinölkitte, Glycerinkitte, Wasserglaskitt, Leimkitt, Sulfidablaugekitt, Phenolplastikkitt, Bitumenkit etc.	Silikone	
Fugendichtstoffe	Silicon-Dichtstoffe, Polysulfid-Dichtstoffe, Acryl-Dichtstoffe, Polyurethan-Dichtstoffe	halbsynthetische Kunststoffe	Celluloseabkömmlinge, Zellglas, Kautschukabkömmlinge
		Elastomere	
		Geokunststoffe	

Hauptgruppe		Hauptgruppe	
Metallische Werkstoffe		Holz und Holzwerkstoffe	
Untergruppe	Beispiele	Untergruppe	Beispiele
Gusseisen		Vollholzprodukte	Rundholz, Schnittholz, Massivholz, Balkenschichtholz, Brettschichtholz
Baustahl	Betonstahl, Spannstahl, Stahlerzeugnisse	Parkett	
Aluminium		Holzpflaster	
Kupfer		Besondere Holzbauteile	Nagelplatten-Binder, Holzrahmenbau
Blei		Holzwerkstoffe	Sperrholz, Spannplatten, Furnierholz, Faserplatten
Zink			
Zinn, Zink, Nickel, Titan, Magnesium			
Dämmstoffe		Textilien, Wand- und Bodenbeläge	
Untergruppe	Beispiele	Untergruppe	Beispiele
Wärmeschutz	Faserdämmstoffe, Schaumkunststoffe, mineralische Schaumstoffe, WDVS, Leichtbauplatten, Holzfaserdämmstoffe, Kork	Wandbeläge	Tapeten, Spannstoffe, Unterlagsstoffe
Schallschutz		Bodenbeläge	textile Bodenbeläge, elastische Bodenbeläge, Linoleum, Kunststoffboden
Brandschutz	Brandschutzspachtelungen		

Anhang B

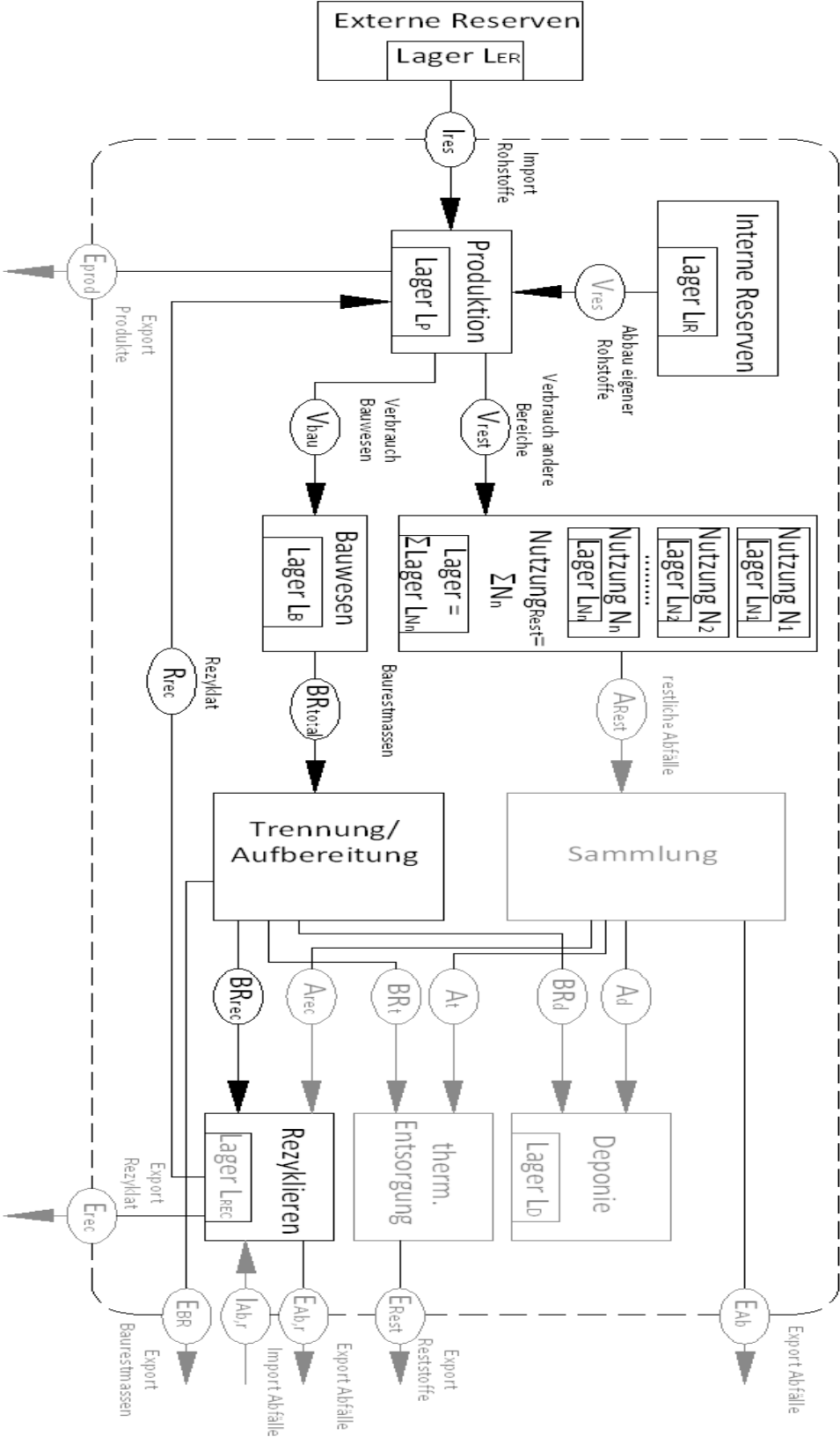


Abbildung B-1: Qualitative regionale Materialbilanz

Mittels der dargestellten qualitativen Materialbilanz wurden die Hauptprozesse und Parameter bestimmt, die im Kreislauf eines Materials relevant sind.

Aus diesen Parametern werden die Zusammenhänge im Materialverbrauch ersichtlich. Die Indikatoren der Materialeffizienz werden aus diesen Zusammenhängen abgeleitet und durch die Parameter der dargestellten Materialbilanz mathematisch ausgedrückt.

Dabei gibt es drei Gruppen von Parametern: 1) solche, die in der Materialbilanz präsent sind und direkt zur Ermittlung der Indikatoren dienen; 2) solche, die zusätzlich zu ermitteln sind (Literatur oder empirische Untersuchungen) und 3) solche, die in der Bilanz vertreten sind, die für die Berechnung der Indikatoren jedoch nur indirekt relevant sind.

Tabelle B-1: Parameter aus der qualitativen Materialbilanz, die direkt zur Ermittlung der Indikatoren relevant sind

Parameter	Einheit	Erklärung
L_{ER}	[t]	Externe Reserven (der Region zustehend)
$L_{ER} = L_{GR} * (E_{REG} / E_{GLOBAL}), wo$		Globale Weltreserven
L_{GR}	[t]	Einwohnerzahl der Region
E_{REG}	-	Weltbevölkerung
E_{GLOBAL}	-	
L_{IR}	[t]	Interne Reserven der Region
L_P	[t]	Lager in der Produktion
$\sum L_{Nn}$	[t]	Gesamtes Sekundärlager
V_{total}	[t/a]	Gesamtverbrauch der Region
$V_{total} = V_{bau} + V_{rest}, wo$		Verbrauch im Bauwesen
V_{bau}	[t/a]	Verbrauch außerhalb des Bauwesens
V_{rest}	[t/a]	
BR_{total}	[t/a]	Baurestmassen
BR_{rec}	[t/a]	Baurestmassen, die in das Recycling gehen
R_{rec}	[t/a]	Rezykliertes Material, das in das System zurückfließt

Tabelle B-2: zusätzliche Parameter, die aus der Literatur zu entnehmen oder empirisch zu ermitteln sind und die direkt zur Ermittlung der Indikatoren herangezogen werden

Parameter	Einheit	Erklärung
ΔL	[t/a]	Lagerzuwachs (im Primär-, sowie im Sekundärlager)
f_{rec}	-	Faktor zur Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit des Lagers
k_{ab}	-	Faktor zur Berücksichtigung des selektiven Abbaus
k_{tr}	-	Faktor für die Trennbarkeit
k_{tech}	-	Faktor für den Stand der Technik
k'	-	Faktor zur Berücksichtigung der Tendenzen im Verbrauch

Tabelle B-3: Parameter aus der qualitativen Materialbilanz, die indirekt zur Ermittlung der Indikatoren relevant sind

Parameter	Einheit	Erklärung
I_{res}	[t/a]	Import
I_{abf}	[t/a]	Import von Abfällen für das Recycling
V_{res}	[t/a]	Verbrauch von eigenen Reserven
E_{prod}	[t/a]	Export von Produkten
E_{ab}	[t/a]	Export von Abfällen aus anderen Branchen (außer Bauwesen)
E_{rest}	[t/a]	Export von Reststoffen aus thermischer Behandlung
$E_{ab,r}$	[t/a]	Export von Abfällen für das Recycling
E_{BR}	[t/a]	Export von Baurestmassen
E_{rec}	[t/a]	Export von rezyklierten Materialien (Sekundärreserven)
A_{rest}	[t/a]	Abfälle von anderen Branchen (außer Bauwesen)
A_d	[t/a]	Abfälle aus andern Branchen (außer Bauwesen) die deponiert werden
BR_d	[t/a]	Baurestmassen, die deponiert werden
L_d	[t]	Materiallager in Deponien
A_t	[t/a]	Abfälle aus andern Branchen (außer Bauwesen) die thermisch entsorgt werden
BR_t	[t/a]	Baurestmassen, die thermisch entsorgt werden
A_{rec}	[t/a]	Abfälle aus andern Branchen (außer Bauwesen) die rezykliert werden
L_{rec}	[t]	Materiallager im Prozess Recycling

Anhang C

Die Testrechnungen für die Anwendbarkeit des entwickelten Modells eines materiellen Gebäudepasses werden anhand von zwei Beispielen durchgeführt.

Das Ziel dieser Testrechnung besteht darin, die Machbarkeit der Massenermittlungen in den gewünschten Zusammenhängen zu überprüfen (Schnittstellen zwischen Elementen und Konstruktionen, Verbundmaterialien und ihre Lage). Darüber hinaus soll überprüft werden, welche Datenbasis notwendig ist, um eine vollständige Erfassung erreichen zu können. Dabei geht es nicht um Datenermittlung und Erstellung von Datenbanken von Materialien und Produkten. Die Berechnungen gehen nur bis an eine Detailgrenze, die ausreicht, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob anhand der gegebenen Datenbasis die Erfassungen möglich sind. Daher werden z.B. Armaturen, Stromzähler, Sanitätseinrichtungen, Leuchtkörper etc. nicht bei der Erfassung berücksichtigt.

Das erste Objekt ist ein Wohnbau in Utendorfsgasse 7, 1140 Wien, das als Fallbeispiel im Rahmen vom Projektvorhaben „Nachhaltigkeit Massiv“ für alle Arbeitspakete übernommen wurde. Seitens der Projektpartner wurden zu diesem Objekt Polierpläne von zwei Regelgeschossen, ein Schnitt und Kurz-LV der HKL aus der Ausschreibung zur Verfügung gestellt, sowie Daten und Erhebungen bezüglich der Massen, die bereits im Vorfeld des Projektvorhabens ermittelt waren.

Zu diesem Objekt wurden keine Detail-, Haustechnik- und Elektropläne zur Verfügung gestellt, wodurch die vollständige Erfassung des Materialaufwandes nicht möglich war. Mit diesem Objekt wurde nach dem vorgeschlagenen Modell des materiellen Gebäudepasses (MGP) nur soweit gearbeitet, wie es die Planunterlagen und Dokumentation erlaubt haben.

Aus diesem Grund wurde ein zusätzliches Objekt organisiert, bei dem die vollständigen Plan- und Dokumentationsunterlagen zur Verfügung standen. Zusätzlich bestand die Möglichkeit zur Besichtigung des Objektes und gegebenenfalls zur Durchführung zusätzlicher Bemessungen.

Objekt 1: Einfamilienhaus

Tabelle C-1: Objektbeschreibung – Objekt 1: Einfamilienhaus

Objekt	Einfamilienhaus
Bauweise	Massiv
Nutzungsform	Wohnbau
Auftraggeber	privat
Planung/Ausführung	Totalunternehmer
Flächen	Grundstück: 634 m ² ; Bebaute Fläche: 101 m ² ; BGF: 202 m ²
Fertigstellung	2003

Folgende Tabellen beinhalten die Ergebnisse aus der Testrechnung des Bauwerks:

Tabelle C-2: Farblgende für Objekt 1

Holz	Mauerwerk , keramische Stoffe	Dämmstoff	Kupfer	Glas	Stahl	Aluminium	Kunststoffe	Estriche	Beton
------	-------------------------------------	-----------	--------	------	-------	-----------	-------------	----------	-------

Rohbau

Tabelle C-4: Materialerfassung – Außenwand (Beton)

	Gesamtlänge	Dicke	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen /Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Außenwand	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		mit Berücksichtigung des Stahlanteils; Wandöffnungen in der Wandlänge und -Fläche berücksichtigt
Mauerwerk	30,29	0,25	96,93	77,54	1034	31320	Ausbau, Elektrotechnik	

Anm.: Die Wärmedämmung und Dampfsperre sind für die gesamte Außenwandfläche ermittelt und sind der nächsten Tabelle zu entnehmen (Betonaußenwände)

Tabelle C-3: Materialerfassung – Fundamente und Bodenplatten

	Gesamtlänge	Durchmesser	Dicke	Fläche	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen /Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Fundamente	m	mm	m	m ²	kg/ [Einheit]*	kg		
Fundament- und Bodenplatte (Stahlbeton)				100,2			Haustechnik, Elektrotechnik	
Stahl								
Φ 8	605,9				0,617	374		
Φ 12	64				0,888	39		
Φ 28	451,15				4,83	401		
Beton C30			0,3	100,2	2400	721442		*mit Berücksichtigung des Stahlanteils

*Die entsprechende massenrelevante Einheit jedes Materials (z.B. Stahl kg/m, Beton kg/m³)

Tabelle C-5: Materialerfassung – Außenwand (Mauerwerk)

	Gesamtlänge	Dicke	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen /Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung Verbund/ Beschichtung
Außenwand	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
MW		0,15	263,296	39,49	105	4147	Ausbau, Elektrotechnik	vollflächig verklebt
PE Folien	82,28	0,0012	263,296		0,11	29		
Stahlbetonwand								
Betonstahl								
Φ 6	125				0,222	28		
Φ 10	133,4				0,617	82		
Φ 12	114				0,888	101		
Beton C30	51,99	0,25	166,368	133,1	2400	249153		*mit Berücksichtigung des Stahlanteils; Wandöffnungen in der Wandlänge und - Fläche berücksichtigt

Tabelle C-6: Materialerfassung - Dach

	Gesamtlänge	Dicke	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Dach Stahlbeton	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
Φ 8	554,25				0,503	279		
Φ 10	192,7				0,617	119		
Φ 12	29,5				0,888	26		
Φ 14	125,3				1,12	140		
Φ 28	563,55				4,83	2722		
Beton C30		0,3	135,27		2400	7792		*mit Berücksichtigung des Stahlvolumens
PE Folien		0,0012	135,27		0,11	15		
MW		0,15	135,27	20,29	105	2131		punktuell befestigt
Holzsparren	206		0,096	19,78	688	13606		unbeschichtet
Dachziegel			175		72	12600		

Tabelle C-7: Materialerfassung - Decke

	Gesamtlänge	Dicke	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Decken Stahlbeton	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
Stahl								
Φ 8	605,9				0,617	374		
Φ 12	64				0,888	39		
Beton								
Beton C30		0,13	101	13,13	2400	31512		*mit Berücksichtigung des Stahlvolumens

Tabelle C-8: Materialerfassung – tragende Wände

	Gesamtlänge	Dicke	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Tragende Wände	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
Baustahl								
Φ 6	87,5				0,222	19		
Φ 10	46				0,617	28		
Φ 12	13,5				0,888	12		
Beton C30	13,75	0,25	44	11	2400	20592		*mit Berücksichtigung des Stahlvolumens

Tabelle C-9: Materialerfassung - Innentreppe

	Gesamtlänge	Dicke	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Innentreppe Stahlbeton	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
Baustahl								
Φ 12	86,45				0,888	77		
Φ 28	7,5				4,83	36		
Beton								
Beton C30				1,9	2400	4560		*mit Berücksichtigung des Stahlvolumens
Geländer								
Sektionsgeländer aus Stahl (6x60 cm)					54,3	326	Ausbau	

Ausbau

Tabelle C-10: Materialerfassung - Trennwände

	Gesamtlänge	Dicke	Höhe	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/ Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Trennwände	m	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
Mauerwerk	19,8	0,25	3,2		15,84	1034	16379	Haustechnik, Elektrotechnik	
Bodenaufbau									
PE - Folie		0,0012		202		0,11	22		
Zementestrich		0,035		80,1	2,8	2000	5607		
Heizestrich (Kalziumestrich)		0,035		121,9		66,5	8106		
Bodenfliesen				80,1		14,5	1161		vollflächig verklebt
Parkett (zweischichtig, Schwerholz)		0,02		121,9	2,44	850	2072		vollflächig verklebt

Tabelle C-11: Materialerfassung – Fenster und Türen

	Gesamtlänge	Dicke	Höhe	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen /Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Fenster	m	m	m	m ²	m ³	kg/ [Einheit]	kg		
Fenster und Türen mit Isolierverglasung				38,75					
Holzrahmen (Gesamt)				12,21	1,83	805	1474		beschichtet
Isolierglas (Gesamt)				26,55		30	796		Zweischeiben- verbundglas
Türen									
Haustür Holz				4,935		37	183		5-fach verleimt, beschichtet
				20,80		20	416		beschichtet

Elektrotechnische Anlagen

Tabelle C-12: Materialerfassung – elektrotechnische Anlagen

	Gesamtlänge	Durchmesser	Dicke	Höhe	Breite	Fläche	Volumen	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/ Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung		
	m	mm	m	m	m	m ²	m ³	kg/ [Ein- heit]	kg				
Stromnetz	m	mm	m	m	m	m ²	m ³	kg/ [Ein- heit]	kg				
Kupferleitungen für: Beleuchtung 2xΦ1,5	89,5							0,115	10,29	Rohbau (Außenwände und tragende Innenwände, Decke) /Ausbau (Trennwände)	Im Mauerwerk/Beton		
Kupferanteil								0,029	2,60				
PVC-Anteil								0,086	7,70				
Steckdosen 2xΦ4,0	102,6							0,177	18,16				
Kupferanteil								0,078	8,00				
PVC-Anteil								0,099	10,16				
Warmwasseraufbereitung 3xΦ2,5	14,6							0,19	2,774				
Kupferanteil								0,072	1,05				
PVC-Anteil								0,118	1,72				
Telefon 2xΦ0,5	17,4							0,035	0,609				
Kupferanteil								0,009	0,16				
PVC-Anteil								0,026	0,45				
Blitzschutz													
Baustahl Φ 8	57,3	8						0,617	35,35				
Stahlröhre 2 1/2"	6	76,1						6,63	39,78				
Summe Stahl									75,13				

Haustechnik

Tabelle C-13: Materialerfassung - TGA

Haustechnik	Anzahl	Gesamtlänge	Durchmesser	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/ Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Wasserversorgung (Rohrnetz)	-	m	mm	kg/m	kg		
Stahlrohr 1/2** (mit Muffen)	7	5,8	21,3	1,23	7,13	Ausbau (Innenwand – tragend und nicht tragend, Abwasserschächte)	
Stahlrohr 3/4" (mit Muffen)	13	20,75	26,9	1,59	32,99		
Abwasser							
PVC-Rohr (mit Muffen)							
Φ 40	3	3	40	0,4	1,20		
Φ 50	3	3	50	0,6	1,80		
Φ 110	1	3,3	110	2,15	7,10		
Φ 160	8	26,3	160	4,55	119,67		
Stahlrohr (Lüftung) Φ 104	1	6,5	104	9,16	59,54		

Heizung	Anzahl	Gesamtlänge	Dicke	Höhe	Breite	Spez. Gewicht	Masse	Schnittstellen/ Bereich	Beschichtung/ Verbund/ Bemerkung
Heizluftschächte	-	m	m	m	m	kg/m ³	kg	vollin- tegriert im Rohbau	
Aluminium	4	20,5	0,002	0,24	0,1	2700	56,46		
Kamin (nicht berücksichtigt)									
Bodenheizung (Wärmetauscher – Kupfer)									
Basisrohr Φ 12	610	0,0012				0,308	187,88		PVC Beschichtung
Anbindungsrohren Φ 15	85	0,0015				0,319	27,12		PVC Beschichtung
Anbindungsrohren Φ 18	42	0,0018				0,475	19,95		PVC Beschichtung

Tabelle C-14: Materialerfassung für das gesamte Objekt nach Bereichen und Unterbereichen

		Material	Masse	Verbund/ Beschichtung	Schnittstellen
Bereiche	Unterbereich	-	kg	-	-
Rohbau	Fundamente und Bodenplatte	Stahl	814	im Stahlbeton	Haustechnik (Rohre)/ Elektrotechnik (Elektroleitungen)
		Beton	72144		
	Betonaußenwand	Stahl	211	im Stahlbeton	
		Beton	249153		
	Außenwand Mauerwerk	Mauerwerk	31320		
	Dämmung - Gesamt	MW	4147	vollflächig verklebt	
		PE Folie	29		
	Dach	Stahl	3286	im Stahlbeton	
		Beton	7792	punktuell befestigt	
		MW	2131		
		PE Folie	15	unbeschichtet	
		Holz	2131		
		Dachziegel	12600		
	Decke	Stahl	413	im Stahlbeton	
		Beton	31512		
	Tragende Wände	Stahl	60	im Stahlbeton	
Beton		20592			
Innentreppe	Stahl	439	im Stahlbeton		
	Beton	4560			
Ausbau	Trennwand	Mauerwerk	16379		
	Bodenaufbau	Estrich	13713	vollflächig verklebt	
		PE Folie	22		
		Holz	2072		
		Bodenfliesen	1161		
	Fenster und Türen	Holz	1474	beschichtet	
		Glas	796	Isolier- Verbundglas	
	Außentür	Holz	183	5-fach verleimt, beschichtet	
	Innentüren	Holz	416	beschichtet	

		Material	Masse	Verbund/ Beschichtung	Schnittstellen
Bereiche	Unterbereich	-	kg	-	-
Elektrotechnik	Stromversorgung	Kupfer	12	PVC-Beschichtung	Ausbau und Rohbau (Außenwände, tragende und nicht tragende Wände, Decke)
		PVC	20		
	Blitzschutz	Stahl	150		
Haustechnik	Wasserver- /Entsorgung	PVC	130		
		Stahl	100		
	Heizung	Aluminium	56	PVC-Beschichtung	voll im Rohbau integriert
		Kupfer	235		voll im Ausbau (Fußboden) integriert

Tabelle C-15: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt „Einfamilienhaus“

Objekt	Masse
Material	kg
Stahl	5473
Beton	385752
Estrich	13713
keram. Materialien	61460
Dämmstoffe	6277
Kunststoff	216
Holz	6275
Glas	796
Aluminium	56
Kupfer	247

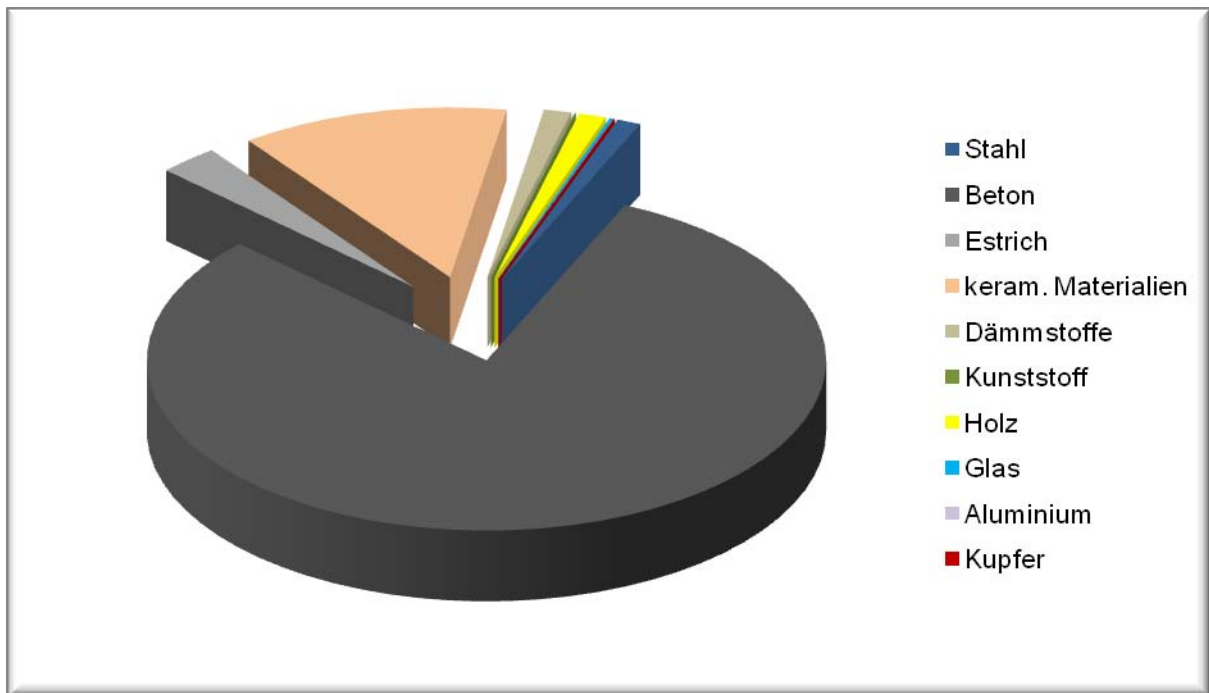


Abbildung C-1: Darstellung des Materialaufwandes für das Objekt Einfamilienhaus“

Objekt 2: Mehrgeschossiger Wohnbau in Passivstandard

Objekt	Mehrgeschossiger Wohnbau (3 Häuser) Utendorfsgasse 7, 1140 Wien
Bauweise	Massiv (Passivhausstandard)
Nutzungsform	Wohnbau
Auftraggeber	öffentlich
Planung/Ausführung	Architekt und Generalplaner
Flächen	Wohnnutzfläche: 2.986 m ² in 39 Wohnungen
Fertigstellung	2003

Als Basis für die objektbezogene Massenermittlung der Baumaterialien wurden vom Österreichischen Ökologieinstitut Polierpläne (zwei Grundrisse und ein Gebäudeschnitt), Massenauszüge der TGA und der elektrotechnischen Anlagen sowie eine detaillierte Aufstellung der Konstruktionsaufbauten zur Verfügung gestellt.

Der Umfang der Unterlagen, vor allem der Planunterlagen, war nicht ausreichend, um eine eindeutige Erfassung des Materialaufwandes erreichen zu können. Darum handelt es sich bei den Materialerfassungen bei diesem Objekt um Schätzwerte.

Darüber hinaus war keine Zuweisung von Materialien innerhalb von Verbundwerkstoffen möglich sowie in den Schnittstellen der Ebenen Bereich, Unterbereich und Bauelement. Dies ist durch unvollständige Planunterlagen und durch nicht vorhandene Pläne für die TGA und die Elektrotechnik begründet.

Bei diesem Objekt konnte aufgrund der vom Österreichischen Ökologieinstitut untersuchten Aufbauten kein Vergleich des Materialaufwandes für die zwei Bauweisen „Massiv“ (Ist-Stand) und „Holzmassiv“ (Außenwand - Szenario) durchgeführt werden. Der Grund dafür ist, dass für eine Reihe der Konstruktionen wegen fehlender Information Annahmen getroffen wurden. Die Gegenüberstellung „Massiv“ versus „Holzmassiv“ ist somit qualitativ.

Die Daten über Material, Geometrie und Gewicht in den Aufbauten sind direkt von den Ermittlungen des Österreichischen Ökologieinstituts übernommen worden. Es wurde keine Plausibilitätsprüfung der Datensätze durchgeführt.

Tabelle C-16: Farblegende für das Objekt „Wohnbau – „Utendorfasse

Sand, Kies	Holz	keramische Stoffe	Dämmstoff	Kupfer	Glas	Stahl	Aluminium	Kunststoffe	Gipskarton	Estrich, Putz, Spachtel	Beton
------------	------	----------------------	-----------	--------	------	-------	-----------	-------------	------------	----------------------------	-------

Materialerfassung für den Fall „Massiv“ (Aufbautenliste der Bauelemente vom Österreichischen Ökologieinstitut)

Tabelle C-17: Materialerfassung - Kellerdecke

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Kellerdecke	m	kg/m²	m²	kg
Estrichbeton	0,0500	100,00	275	27500
Dampfbremse PE		0,20		55
Polystyrol expandiert (EPS) Trittschalldämmung	0,0300	0,33		91
Polystyrol expandiert (EPS)-W20- Dämmplatte	0,2000	4,00		1100
Normalbeton	0,3000	690,00		189682
Armierungsstahl		24,00		6598

Tabelle C-18: Materialerfassung Außenwand (Fall „Massiv“)

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Außenwand	m	kg/m²	m²	kg
Silikatputz		3,50	540	1890
Putzgrund (Silikat)		0,25		135
Glasfaserarmierung		0,16		86
Klebspachtel		8,00		4320
Dübel kompl. 38cm		7,00		3780
Polystyrol expandiert (EPS) -F- Fassadendämmplatte	0,2700	4,86		2624
Klebspachtel		4,50		2430
Normalbeton	0,1800	414,00		223560
Armierungsstahl		12,50		6750
Gipsspachtel	0,0003	0,48		259

Tabelle C-19: Materialerfassung – Dach (Fall „Massiv“)

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Dach	m	kg/m²	m²	kg
Dachziegel		45,00	312	14040
Schnittholz Fi rauh, lufttrock.	0,0300	2,43		758
Schnittholz Fi rauh, lufttrock.	0,0500	2,70		842
Polyethylenbahn Dächer		0,08		25
Schnittholz Fi rauh, lufttrock.	0,0240	12,96		4044
Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,0400	1,28		399
OSB-Platte OSB 3 MUPF/PMDI	0,3600	3,73		1163
Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,0400	1,28		399
Glaswolle MW-WF	0,3600	6,98		2179
Normalbeton	0,1800	414,00		129168
Armierungsstahl		16,00		4992
Gipsspachtel	0,0030	4,80		1498
Stahl niedriglegiert		0,50		156

Tabelle C-20: Materialerfassung – Geschoßdecke

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Geschoßdecke (4 Geschoßdecken)	m	kg/m²	m²	kg
Massivparkett	0,0100	7,45	275	8195
Parkettkleber		1,00		1100
Estrichbeton	0,0600	120,00		132000
Polyethylenbahn		0,20		220
Polystyrol expandiert (EPS) Trittschalldämmung	0,0400	0,44		484
Normalbeton	0,2000	460,00		506000
Armierungsstahl		16,00		17600
Gipsspachtel	0,0030	4,80		5280

Tabelle C-21: Materialerfassung – Keller, Bodenplatte

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Keller Bodenplatte	m	kg/m²	m²	kg
Sand, Kies lufttrocken	0,2000	360,00	275	99000
Stahlbeton Schwarze Wanne	0,3750	882,38		242653

Tabelle C-22: Materialerfassung – Keller, Trennwand

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Trennwand Keller	m	kg/m²	m²	kg
Stahlbeton mit 60 kg/m ³ Armierungsanteil	0,2500	600,00	120	72000

Anm.: Wandflächen sind Annahme

Tabelle C-23: Materialerfassung – Keller, erdberührte Wand

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Erdberührte Wand Keller	m	kg/m²	m²	kg
Stahlbeton mit 80 kg/m ³ Armierungsanteil	0,2500	600,00	212,48	127488
Polystyrol extrudiert CO ₂ -geschäumt (XPS)	0,2500	9,50		2019

Materialerfassung für den Fall „Holzmassiv“ – Außenwand und Dach

Tabelle C-24: Materialerfassung – Außenwand (Fall „Holzmassiv“)

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Außenwand	m	kg/m²	m²	kg
Schnittholz LÄ tech.trock. gehobelt	0,0250	15,75	540	8505
Schnittholz Fi rauh, lufttrock.	0,0500	2,70		1458
MDF-Platte	0,0160	12,48		6739
OSB-Platte OSB 3 MUPF/PMDI	0,3000	3,11		1679
Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,3000	2,55		1377
Glaswolle MW-WF	0,3000	5,8		3132
Dampfbremse PE		0,20		108
Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,1200	60,00		32400
Stahl niedriglegiert		0,50		270
Stahl niedriglegiert		0,30		162

Tabelle C-25: Materialerfassung – Dach (Fall „Holzmassiv“)

	Dicke	Masse/m ²	Fläche	Masse
Dach	m	kg/m ²	m ²	kg
Kies	0,0600	108,00	312	33696
Polystyrol extrudiert CO2-geschäumt (XPS)	0,0800	3,04		948
Polymerbitumen-Dichtungsbahn		8,60		2683
Spanplatte V100 PF	0,0180	12,24		3819
OSB-Platte OSB 3 MUPF/PMDI	0,3000	3,69		1151
Furniersperrholz PF	0,3000	2,34		730
Glaswolle MW-WF	0,3000	5,83		1819
Spanplatte V100 PF	0,0180	12,24		3819
Alu-Dampfsperre		0,20		62
Schneittholz Fi rauh, lufttrock.	0,0500	2,70		842
Glaswolle MW-WF	0,0500	0,90		281
Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,0300	25,50		7956
Stahl niedriglegiert		0,50		156

Haustechnik

Materialerfassung basiert auf den Massenauszügen, die bei diesem Objekt von dem Österreichischen Ökologieinstitut durchgeführt wurden.

Tabelle C-26: Materialerfassung – Dach (Fall „Holzmassiv“)

	Material	Masse
Haustechnik	-	kg
Heizung	Stahl	340
	Kupfer	61
	MW	151
Lüftung	Stahl	1940
	Aluminium	186
	MW	630
Wasserver- /Entsorgung	keramische Werkstoffe	964
	Stahl	120
	PE	334
	PP	295
	PVC	2
	Kupfer	11
	MW	371
	Messing	78

Anm.: Eine Erfassung des Materialaufwands von den elektrotechnischen Anlagen wurde wegen fehlender Dokumentation (Massenauszüge und Planunterlagen) nicht durchgeführt.

Tabelle C-26: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Massiv“

Material	Masse kg
Beton	1650051
Kunststoffe	2031
Dämmstoffe	10728
Stahl	43500
Gipskarton	15300
Estrich, Putz, Spachtelung	15812
Glas	86
keramische Werkstoffe	15004
Holz	15801
Sand, Kies	99000
Kupfer	150
Aluminium	186

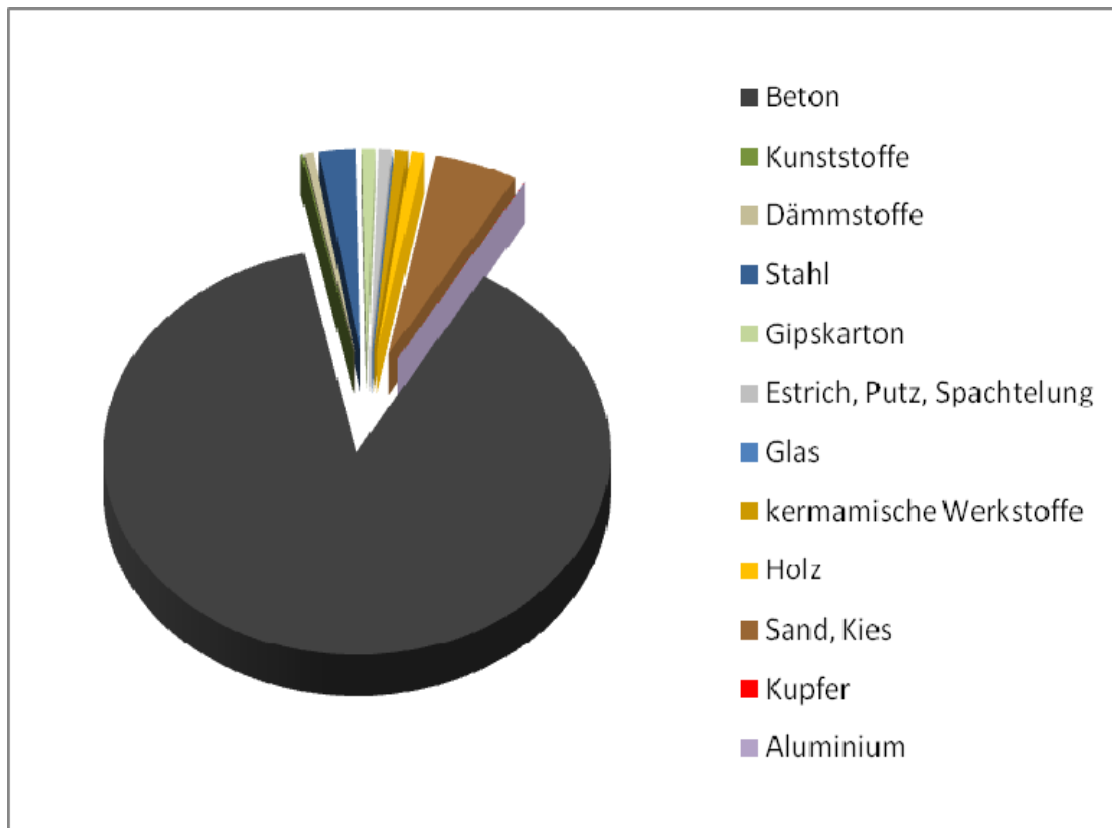


Abbildung C-2: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Massiv“

Tabelle C-27: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Holzmassiv“

Holzmassiv	Masse
Material	kg
Beton	1650051
Kunststoffe	4797
Dämmstoffe	12105
Stahl	28410
Gipskarton	15300
Estrich, Putz, Spachtelung	5280
Glas	86
keramische Werkstoffe	964
Holz	70715
Sand, Kies	132696
Kupfer	150
Aluminium	248

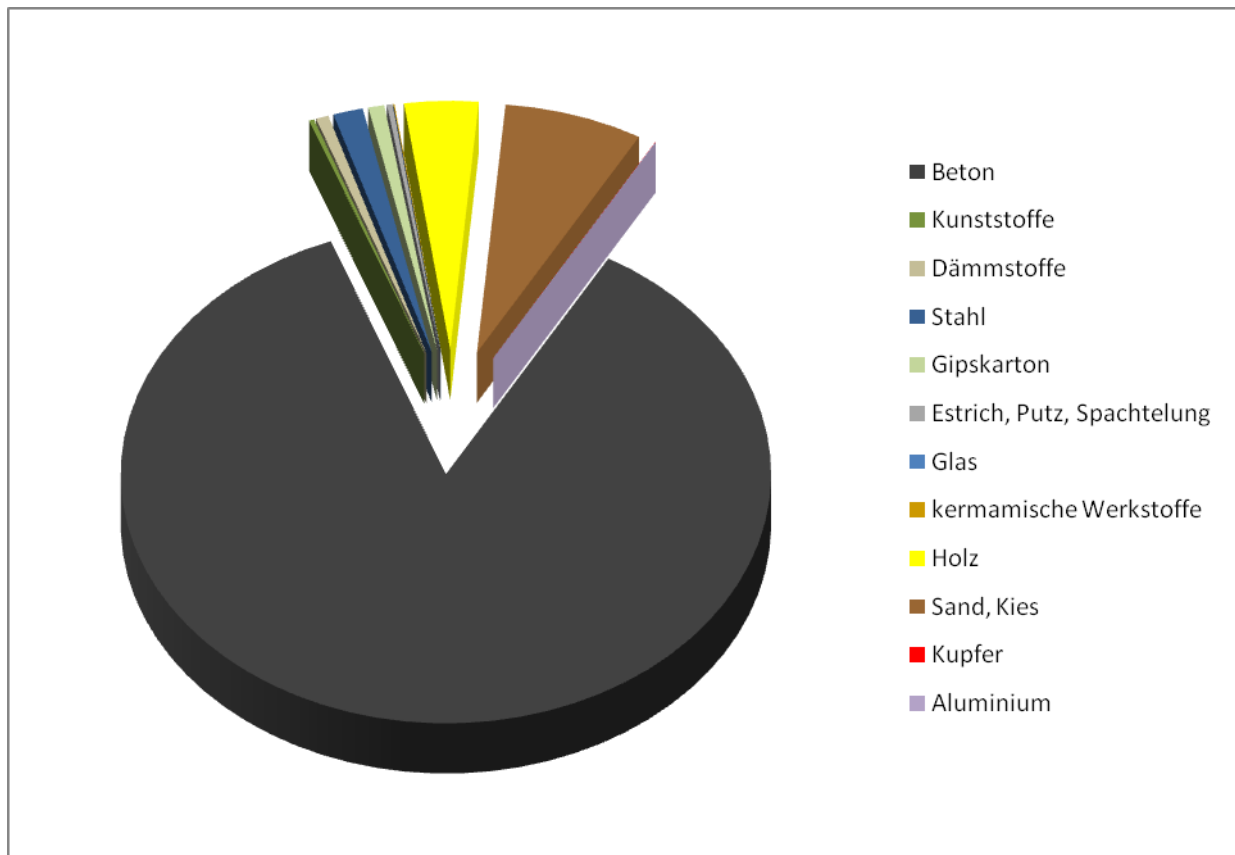


Abbildung C-3: Zusammenfassung des Materialaufwands für das gesamte Objekt für den Fall „Holzmassiv“