

# DIPLOMARBEIT

Abbruch-, Recycling-, Deponierungsprozess und Kosten

Eingereicht an der  
FH JOANNEUM Gesellschaft mbH  
Fachhochschulstudiengang  
Architektur und Projektmanagement

Vorgelegt von

Premm Philipp, BSc  
Jochen-Rindt-Weg 30  
A-8141 Unterpremstätten

Betreuer

FH-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Rainer Stempkowski

Betreuer Extern:

Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Himmel

Unterpremstätten, Februar 2012

---

Philipp Premm, BSc

## Kurzfassung

Die Abbruch-, Recycling- und Deponierungskosten stellen zwar den letzten Teil der Lebenszykluskosten eines Objektes dar, sind allerdings keineswegs weniger wichtig als andere Teile des gesamten Zyklus. Ganz im Gegenteil, sie gewinnen immer mehr an Bedeutung, da durch diese Maßnahmen nicht nur Ressourcen, sondern auch finanzielle Mittel eingespart werden können.

Aus diesem Grund wird ein Prozess erarbeitet, in den neben den fachlichen Grundlagen, auch Materialzusammensetzungs-Vergleiche der letzten 100 Jahre einfließen. Der Prozess umfasst fünf Hauptprozessschritte, die in weitere Sub-Prozesse untergliedert sind. Es handelt sich um die Schritte der Entkernung, des Rückbaus, der Sortierung auf der Baustelle, der Bauschuttauferbereitung und dem Endprozess. Ausgehend von diesem Prozess, werden die Prozesskosten einzeln ausgewiesen und in einer darauf aufbauenden Case-Study praktisch angewendet.

Abschließend wird aus diesen Informationen ein Kostentool erarbeitet, welches eine Entscheidungserleichterung für Investoren und Bauherren darstellt, um aus verschiedenen Handlungsschritten für den Rückbau eines Objektes nach dem Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer wählen zu können.

Stichwörter:

Abbruch, *Recycling*, *Deponierung*, *Materialzusammensetzung*, *Nachhaltigkeit*, *Kostengliederung*

## **Abstract**

The demolition-, recycling- and disposal-costs are indeed the last part of the lifecycle costs from a building-object, but they are not less important than other parts of the whole cycle. Quite the contrary, they become more important as there could not only save construction waste but also financial resources.

For this reason a process will be developed, which incorporates the functional basics with the comparison of the change of building-material compositions in the last 100 years. The process consists five main process-steps, which are further divided into sub-processes. These are the steps of gutting, demolition, sort on the building site, building rubble processing and the final process. Based on this process, the process-costs will be shown separately and transferred to a practical applied case study.

Finally, based on this information a cost-tool will be developed. This tool should make decisions easier for investors as well as building owners to choose from various possible steps for the demolition of an building-object after the end of its economical life.

Keywords:

*demolition, recycling, disposal, building-material composition, sustainability, cost structure*

## Eidesstattliche Erklärung

*„Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich folgende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken oder Formulierungen sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher an keiner anderen Bildungsinstitution vorgelegt und ist noch unveröffentlicht.“*

---

Philipp Premm, BSc

# Danksagung

**Ich möchte diese Arbeit meinem verstorbenen Vater widmen.**

*„Das Glück deines Lebens hängt von der Beschaffenheit deiner Gedanken ab.“*

Mark Aurel

Unsere Gedanken sind unser wichtigstes Gut und unsere Familie und Freunde sind der wichtigste Einflussfaktor dafür. In diesem Sinne möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich nicht nur in der letzten Phase meines Studiums, der Diplomarbeit, unterstützt haben, sondern über meine ganze Studienzeit.

Ein weiteres Dankeschön möchte ich meinen beiden Betreuern FH-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Rainer Stempkowski und Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Himmel aussprechen. Ihre kompetenten Anregungen und Kommentare haben mir sehr geholfen. Ein weiteres Dankeschön gilt Herrn Dipl.-Ing. Josef Mitterwallner, der mir immer beratend zur Seite stand. Alois Schönberger, Dipl.-Ing. Martin Car und Mag. Heinz Buschmann möchte ich auf diesem Weg auch mein großes Dankeschön aussprechen, sie haben mir bei vielen Themen wichtige Antworten gegeben.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation .....	1
1.2	Aufgabenstellung .....	2
1.3	Zielsetzung .....	2
1.4	Vorgehensweise und Methodik .....	2
1.5	Aufbau der Arbeit .....	3
<b>2</b>	<b>Allgemeine Einführung in die Thematik</b> .....	<b>5</b>
2.1	Betrachtung der Lebenszykluskosten .....	5
2.1.1	<i>Gliederung der Lebenszykluskosten nach Ö-NORM B 1801-2</i> .....	6
2.1.2	<i>Lebenszyklus im Immobilienmanagement</i> .....	9
2.2	Betrachtung des Abfallaufkommen in Österreich .....	10
2.3	Rechtliche Grundlagen .....	14
2.3.1	<i>Abfallwirtschaftsgesetz 2002</i> .....	14
2.3.2	<i>Baurestmassentrennungsverordnung – BGBl. Nr. 259/1991</i> .....	15
2.3.3	<i>Deponieverordnung - BGBl. II Nr. 39/2008</i> .....	16
2.3.4	<i>Altlastensanierungsgesetz - BGBl. Nr. 299/1989</i> .....	17
2.3.5	<i>EU- Abfallrahmenrichtlinie</i> .....	17
2.3.6	<i>Abfallnachweisverordnung 2003 - BGBl. Nr. 618/2003</i> .....	18
2.3.7	<i>Abfallbilanzverordnung BGBl. II Nr. 497/2008</i> .....	19
2.3.8	<i>Bauprodukteverordnung EU Nr. 305/2011</i> .....	19
2.4	Lebensdauer von Bauwerken .....	20
2.4.1	<i>Wirtschaftliche Lebensdauer</i> .....	20
2.4.2	<i>Resümee</i> .....	25
2.5	Abfälle aus dem Bauwesen .....	26
2.5.1	<i>Definition und Herkunft</i> .....	26
2.5.2	<i>Einteilung der Abfälle aus dem Bauwesen</i> .....	27
2.5.2.1	<i>Einteilung laut Bundesabfallwirtschaftsplan 2011</i> .....	27
2.5.2.2	<i>Einteilung laut Ö-NÖRM S 2100 (2005)</i> .....	28
2.5.3	<i>Aufkommen von Abfällen aus dem Bauwesen</i> .....	29
2.5.4	<i>Behandlung von Abfällen aus dem Bauwesen</i> .....	30
2.5.5	<i>Beispiele</i> .....	30
2.5.5.1	<i>Aushubmaterialien</i> .....	30
2.5.5.2	<i>Zusammensetzung</i> .....	32
2.5.5.3	<i>Aufkommen</i> .....	33

---

2.5.5.4	Behandlung .....	34
2.5.5.5	Gefährliche Abfälle .....	36
2.5.5.6	Asbestabfälle .....	36
2.6	Weitere Grundlagen .....	41
2.6.1	Nachhaltige Entwicklung .....	41
2.6.2	Ökologische Nachhaltigkeit .....	41
2.6.3	Inhalt der 15a-Vereinbarung zum Klimaschutz .....	42
2.6.4	Umweltdeklarationen von Bauprodukten .....	42
<b>3</b>	<b>Materialzusammensetzung von Gebäuden .....</b>	<b>43</b>
3.1	Bauperiode bis 1945 .....	43
3.2	Bauperiode von 1945 bis 1980 .....	45
3.3	Bauperiode ab 1980 .....	47
3.4	Veränderung der Zusammensetzung von 1900 bis 2010 .....	49
<b>4</b>	<b>Abbruch- und Entsorgungsprozess .....</b>	<b>51</b>
4.1	Übersicht Abbruch- und Entsorgungsprozess .....	53
4.2	Akteure im Prozess .....	57
4.3	Selektive Entkernung .....	58
4.4	Abbruch .....	59
4.4.1	Selektiver Rückbau .....	60
4.4.2	Demolierung .....	61
4.5	Sortierung auf der Baustelle .....	62
4.6	Bauschuttzubereitung .....	62
4.6.1	Behandlungs- und Entsorgungsanlagen für Baurestmassen in Österreich .....	63
4.6.2	Baustoff-Recycling-Anlagen in der Steiermark .....	63
4.6.3	Mobile Anlagen .....	65
4.6.4	Stationäre Anlagen .....	65
4.6.5	Anlagenelemente .....	66
4.6.5.1	Dichtesortierung .....	66
4.6.5.2	Sortieren im Magnetfeld .....	67
4.6.5.3	Sortieren im elektrischen Feld .....	67
4.6.5.4	Flotation .....	67
4.6.5.5	Sortieren nach mechanischen Eigenschaften .....	67
4.6.5.6	Sensorgestützte Sortierung .....	68
4.7	Endprozess .....	68
4.7.1	Verwertung .....	68

---

4.7.1.1	Re-Use .....	68
4.7.1.2	Recycling.....	69
4.7.1.3	Energetische Verwertung.....	73
4.7.2	Beseitigung.....	74
4.7.2.1	Stoffliche Entsorgung .....	74
<b>5</b>	<b>Kosten bei Abbruch von Gebäuden.....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>Kostenmodell und Kostenkennwerte .....</b>	<b>86</b>
6.1	IBO-Modell-Einfamilienhaus.....	86
6.2	Kostenmodell.....	88
<b>7</b>	<b>Case Study .....</b>	<b>94</b>
7.1	Szenario 1 - IBO-Modell-Einfamilienhaus - Massivbauweise.....	97
7.1.1	Rückbau .....	98
7.1.2	Entsorgung.....	100
7.1.3	Kosten .....	101
7.2	Szenario 2 – Holzleichtbauweise .....	104
7.2.1	Rückbau .....	105
7.2.2	Entsorgung.....	105
7.2.3	Massenbilanz Szenario 2 - Holzleichtbauweise .....	107
7.2.4	Kosten .....	108
7.3	Vergleich der Szenarien .....	111
7.3.1	Kosten .....	111
<b>8</b>	<b>Conclusio .....</b>	<b>113</b>
8.1	Empfehlungen .....	115
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>118</b>
9.1	Technische Lebensdauer .....	118
9.2	Steiermärkische Wohnbauförderung.....	123
9.2.1	Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz 1993.....	123
9.2.2	Wohnbauförderung.....	124
9.2.3	Bewertungsmodell.....	124
9.2.4	Ergänzende Grafiken .....	127
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>131</b>
<b>11</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>135</b>

---

12.1	Bücher, Skripten .....	135
12.2	Publikationen, Interviews.....	136
12.3	Normen.....	138
12.4	Gesetze, Verordnungen .....	139
12.5	Internet .....	139

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Lebenszykluskosten sind mittlerweile relevante Werte für Betreiber von Objekten geworden. Es sind nicht nur mehr Baukosten relevant, sondern alle anfallenden Kosten bei Bauten. Die Abbruch- und Beseitigungskosten machen zwar nur rund zwei Prozent der gesamten Lebenszykluskosten<sup>1</sup> aus, sind aber insofern relevant, da rund 57 Prozent des Abfalls<sup>2</sup>, der in Österreich produziert wird, aus der Baubranche kommt.

Nach dem Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer entsteht für den Bauherrn und die Investoren eine Situation, in der die Immobilie nicht mehr den erwünschten Ertrag liefert. Zu diesem Zeitpunkt haben sie drei Möglichkeiten diese Situation zu ändern. Es besteht die Möglichkeit einer großen Instandsetzung und Sanierung, eines Teilabbruchs und Ausbau und dem kompletten Rückbau der Immobilie. Abbildung 1 veranschaulicht die möglichen Eingriffe. Die technische Lebensdauer der verwendeten Bauteile und der Gesamtzustand des Objekts sind zwei wesentliche Faktoren und beeinflussen damit den gesamten Prozess maßgeblich.

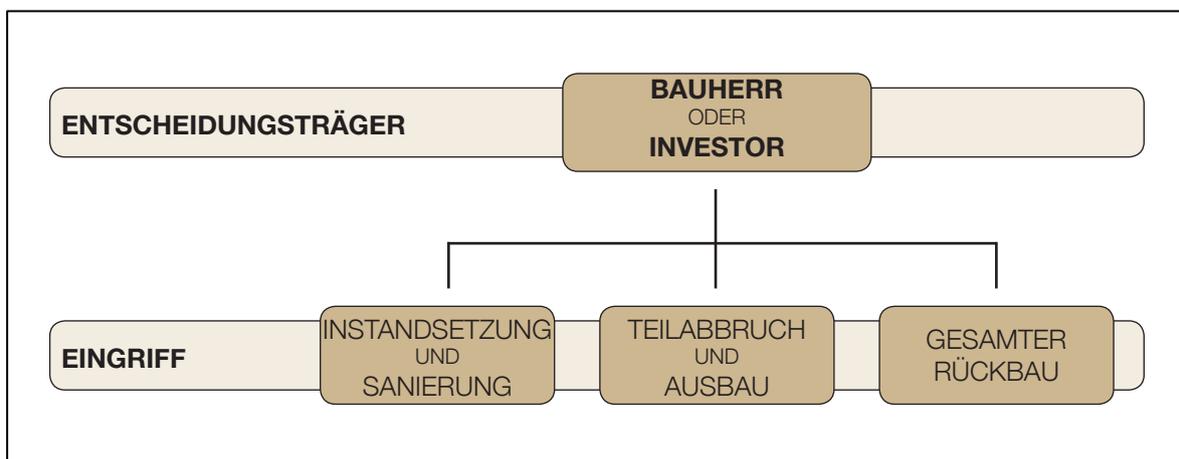


Abbildung 1: Entscheidungsprozess nach Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer

<sup>1</sup> Stempkowski, Rainer: Ausgewählte Kapitel der Bauwirtschaft - Teil Lebenszykluskosten, Skriptum, FH Joanneum, Graz, Wintersemester 2010; S.4

<sup>2</sup> Vgl: Bundesministerium Für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft, Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 19

## 1.2 Aufgabenstellung

Diese Arbeit soll eine Grundlage für Investoren und Bauherren bilden, um die Entscheidung der drei zuvor beschriebenen möglichen Eingriffe nach dem Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer zu erleichtern. Im Fokus steht dabei die Konzeption von Kennwerten, die in der Entwicklungsphase in Projekte implementiert werden können, um so früh als möglich eine genauere Berechnung der Lebenszykluskosten zu gewährleisten. Des Weiteren soll die Veränderung von Bauten der letzten 100 Jahre aufgezeigt und analysiert werden, um somit die technischen Weiterentwicklungen besser aufzuzeigen.

## 1.3 Zielsetzung

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt in der Erarbeitung von Kennwerten von Abbruch-, Recycling- und Deponierungskosten. Des Weiteren soll eine Analyse von Bauobjekten der letzten 100 Jahre Aufschluss darüber geben, wie sich die Materialzusammensetzung verändert hat. In diesem Fall handelt es sich um folgende Punkte:

- Darstellung der Materialzusammensetzung von modernen Gebäuden
- Case Study: Erarbeitung von zwei Szenarien verschiedener Bauweisen – Leicht- und Massivbau mit Standort Graz, Steiermark
- Analyse des Rückbauprozesses
- Entwicklung eines Kostenmodells

Die technische Lebensdauer, die Kennwerte und daraus folgenden Abläufe werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Des Weiteren werden die ersten beiden Eingriffe, Instandsetzung und Teilabbruch, in dieser Arbeit nicht behandelt.

## 1.4 Vorgehensweise und Methodik

Diese Arbeit gliedert sich in mehrere Phasen. Zu Beginn wird eine Grundlagenrecherche durchgeführt, in der die relevanten Themengebiete erhoben werden. Im Anschluss findet die Abgrenzung der Themengebiete statt. Dabei wird nicht nur auf einzelne Begriffe eingegangen, sondern der ganze Sachverhalt aufgezeigt und betrachtet.

In enger Zusammenarbeit mit dem Land Steiermark und Vertretern aus der Wirtschaft werden die theoretischen und die reale Werte verglichen und definiert.

Den Abschluss der Arbeit bilden daraus gewonnene Werte, die in die Erarbeitung von Kostenkennwerten eingegliedert werden.

## **1.5 Aufbau der Arbeit**

Zu Beginn dieser Arbeit werden die Themengebiete der Lebenszykluskosten, des Abfallaufkommens, der rechtlichen Grundlagen und Thematiken, die Einfluss auf dieses Themengebiet haben, erarbeitet. Im nächsten Schritt wird die Lebensdauer von Bauwerken und die Materialzusammensetzung von modernen Gebäuden definiert, um einen Vergleich der Bauweise von vor 100 Jahren zu erreichen.

Im Anschluss wird der Rückbauprozess durchleuchtet. Hierbei werden der Abbruch, die anfallenden Abfallarten und der Umgang mit Baurestmassen erläutert. Nach der Erhebung dieser Daten werden die Entsorgungsvarianten der Baustoffe anhand gängiger Baumaterialien dokumentiert.

Die gewonnenen Daten fließen anschließend in eine Case Study ein. Hierbei wird zwischen zwei verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten, Massivbauweise und Holzleichtbauweise, unterschieden. Als Basis wird das IBO-Modell<sup>3</sup> Einfamilienhaus herangezogen.

Im letzten Teil werden die Kosten bei Rückbauverfahren aufgeschlüsselt und die erhobenen Daten in ein Kostenmodell implementiert. Am Ende werden die erhobenen Daten in Kostenkennwerte untergliedert.

Abbildung 2 stellt den Aufbau dieser Diplomarbeit, sowie den Zusammenhang der Hauptgebiete dar.

---

<sup>3</sup> Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009

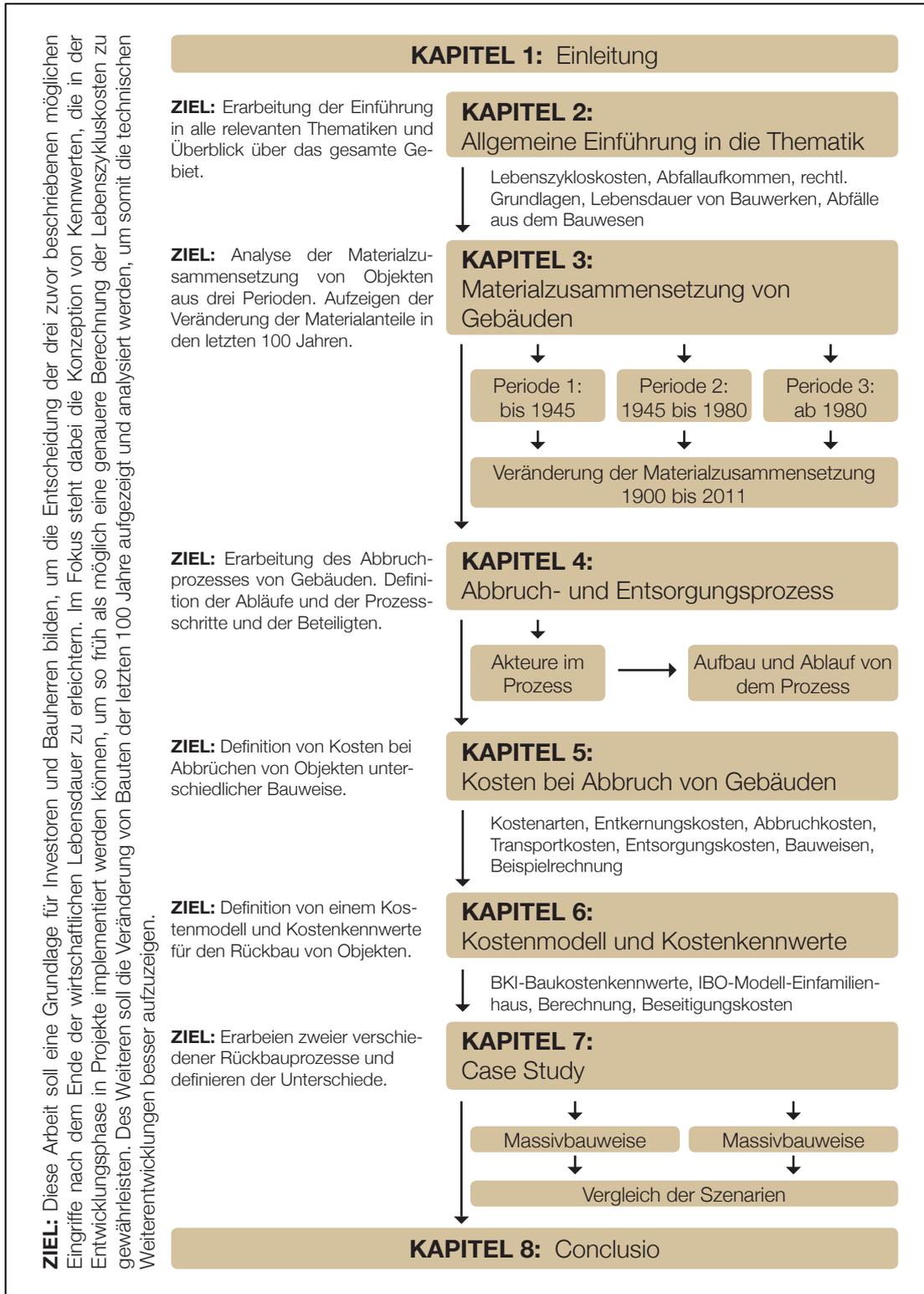


Abbildung 2: Aufbau der Diplomarbeit

## 2 Allgemeine Einführung in die Thematik

Im folgenden Kapitel werden alle relevanten Thematiken betrachtet und ein Überblick über das gesamte Gebiet von Rückbauten gegeben. Dies beinhaltet die Zusammensetzung der Lebenszykluskosten, rechtliche Grundlagen und das generelle Abfallaufkommen in Österreich.

### 2.1 Betrachtung der Lebenszykluskosten

Lebenszykluskosten, auch Life Cycle Costs genannt, sind Kosten, die für Bauwerke oder andere Güter unter der Betrachtung der gesamten Lebensdauer anfallen. Hierzu zählen Entwicklungskosten genauso wie Folgekosten, die am anderen Ende des Lebenszyklus stehen. Die Einteilung dieser Kostengruppen wird in Abbildung 3 grafisch veranschaulicht.

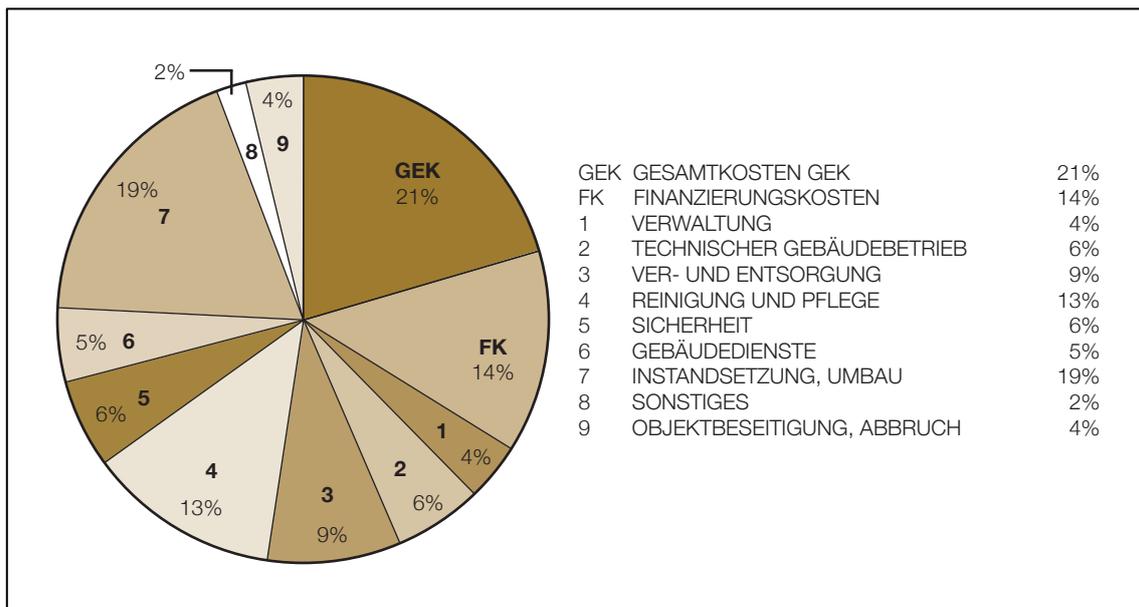


Abbildung 3: Anteile der Lebenszykluskosten<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Stempkowski, Rainer: Ausgewählte Kapitel der Bauwirtschaft - Teil Lebenszykluskosten, Skriptum, FH Joanneum, Graz, Wintersemester 2010; S.4

### 2.1.1 Gliederung der Lebenszykluskosten nach Ö-NORM B 1801-2

Die Ö-NORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement; Teil 2: Objekt-Folgekosten behandelt den Bereich der Gliederung und Darstellung der Folgekosten im Hoch- und Tiefbau, im gesamten Lebenszyklus. Sie ermöglicht eine Prognose und Kostenerfassungen von Objektnutzungskosten die in Kostengruppen gegliedert werden.<sup>5</sup>

Die Gliederung der Lebenszykluskosten nach Ö-NORM B 1801-2 wird in zwei Teile untergliedert. Der erste Teil besteht aus den Errichtungskosten, die sich gemäß der Ö-NORM B 1801-1 zusammensetzen. Der zweite Teil besteht aus den Folgekosten. Hierbei muss aber für die beiden Kostengruppen derselbe Bezugszeitpunkt gewählt werden. Dieser wird in der Regel mit dem Zeitpunkt der Fertigstellung oder Übergabe und Übernahme des Objektes angenommen. Der Bezugspunkt ist in der folgenden Grafik mit „0“ gekennzeichnet. Dies wird in der Abbildung 4 ersichtlich gemacht.<sup>6</sup>

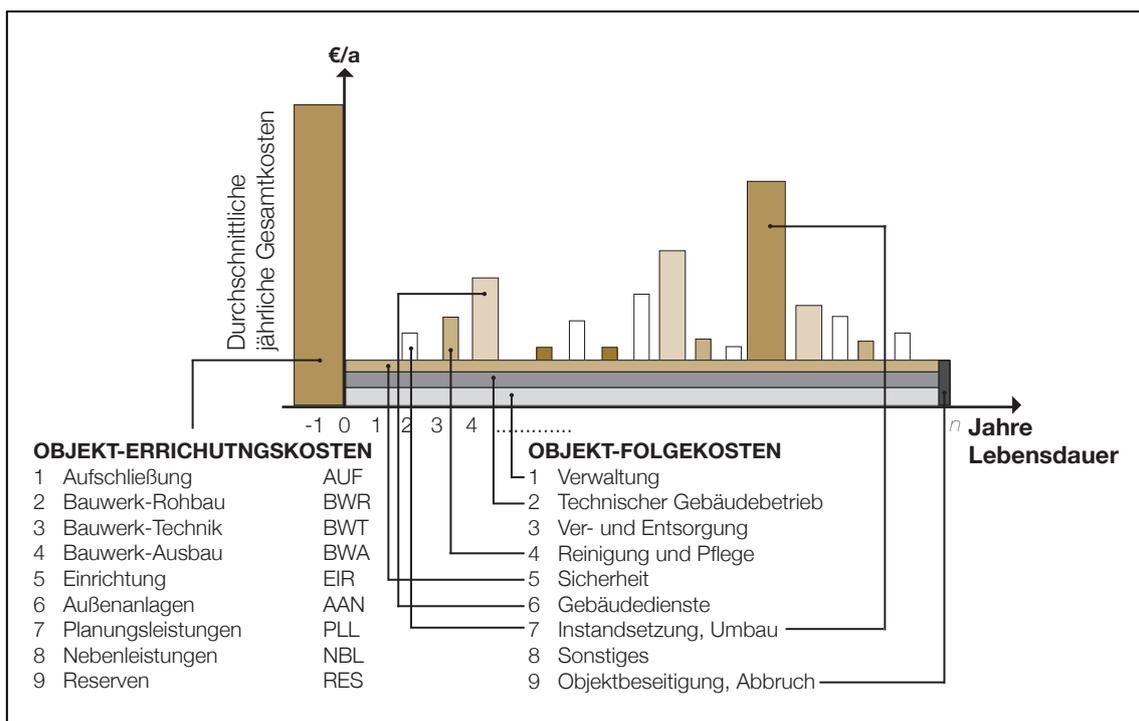


Abbildung 4: Gesamtkosten der Errichtungs- & Folgekosten<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Vgl: Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 3

<sup>6</sup> Vgl: Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 5

<sup>7</sup> Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 5

Durch die Schnittstelle der beiden Kostengruppen kann die Kostengruppierung der Ö-NORM B 1801-1 der Errichtungskosten und der Ö-NORM B 1801-2 der Folgekosten in einer Grafik veranschaulicht werden. Dies ist in der Abbildung 5 dargestellt.

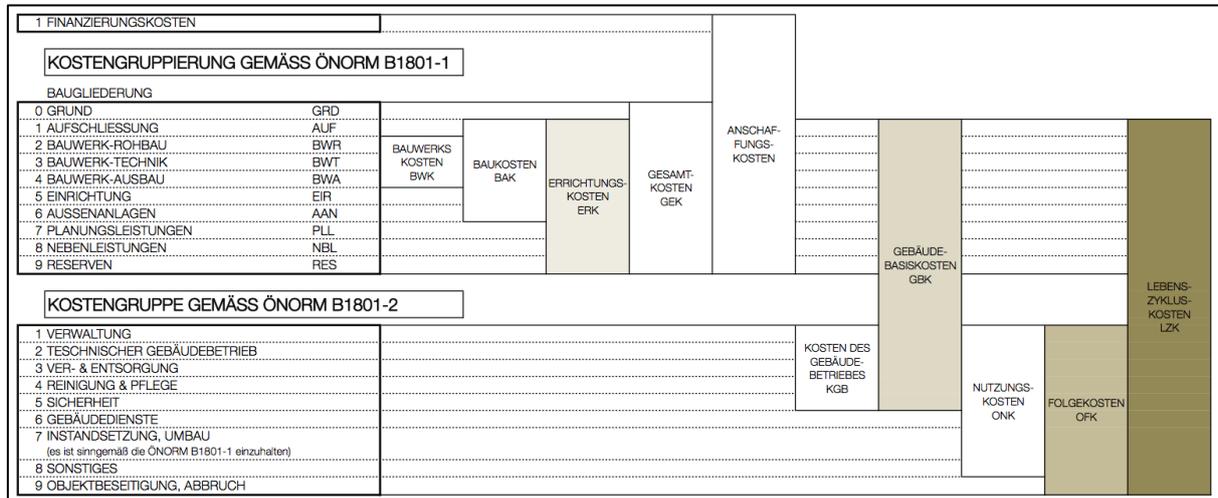


Abbildung 5: Zusammenhang von Gesamtkosten der Errichtung- und Folgekosten<sup>8</sup>

Die Errichtung und gewöhnliche Nutzung des Objektes ergeben mittelbare und unmittelbare Objekt-Folgekosten. Kosten, die durch eine spezielle Nutzung entstehen, welche von der gewöhnlichen Nutzung abweichen, werden nicht als Objekt-Folgekosten definiert. Sie gelten als nutzerspezifische Kosten. Beispiele hierfür sind Arztpraxen oder Rechenzentren. Diese haben erheblich höhere Stromkosten zur Bewerkstelligung ihres Betriebes. Bei Unternehmen oder Organisationen treten weitere Kosten auf. Diese Kosten werden gemeinsam als Vollkosten definiert. In diese Kosten können Kosten für Büro IT, laufende Kosten für Instandhaltung der Büromöbel oder Kosten für spezielle Innenausstattungen sein.<sup>9</sup>

Manche Kostengruppen können zeitlich begrenzt betrachtet werden. Der Betrachtungszeitraum beginnt mit dem Zeitpunkt der Fertigstellung bzw. der Übernahme. Dieser Betrachtungszeitraum wird in Jahren mit Hilfe eines Index angegeben. Dieser Index wird zum Beispiel Gebäudebasiskosten - kurz GBKn - oder für die Lebenszykluskosten - kurz LZKn - dargestellt.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Anlehnung an: Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 4 (Grafik als ganzseitiges Dokument im Anhang ersichtlich)

<sup>9</sup> Vgl: Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 11

<sup>10</sup> Vgl: Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 11

Die Gliederung der Folgekosten gemäß Ö-NORM B 1801-2 sieht die Einteilung in neun Kostenhauptgruppen vor. Diese Kostenhauptgruppen werden in Kostenuntergruppen untergliedert. Deren Inhalte und Abgrenzungen werden von der Ö-NORM B 1801-2 angegeben. Die Struktur der Folgekosten wird in der folgenden Tabelle 1 ersichtlich gemacht.

KOSTENHAUPTGRUPPE	KOSTENUNTERGRUPPE
1 VERWALTUNG	1.1 VERWALTUNG & MANAGEMENT 1.2 GEBÜHREN, STEUERN & ABGABEN 1.3 FLÄCHENMANAGEMENT 1.4 SONSTIGES
2 TECHNISCHER GEBÄUDEBETRIEB	2.1 TECHNISCHES GEBÄUDEMANAGEMENT 2.2 INSPEKTION 2.3 WARTUNG 2.4 KLEINE INSTANDSETZUNGEN, REPARATUREN 2.5 SONSTIGES
3 VER- & ENTSORGUNG	3.1 ENERGIE (Wärme, Kälte, Strom) 3.2 WASSER & ABWASSER 3.3 MÜLLENTSORGUNG 3.4 SONSTIGE MEDIEN
4 REINIGUNG & PFLEGE	4.1 UNTERHALTSREINIGUNG 4.2 FENSTER- & GLASFLÄCHENREINIGUNG 4.3 FASSADENREINIGUNG 4.4 SONDERREINIGUNGEN 4.5 WINTERDIENSTE 4.6 REINIGUNG AUSSENANLAGEN 4.7 GÄRTNERDIENSTE (Rasenpflege, Baum- & Strauchschnitt, Betreuung von Innenpflanzen)
5 SICHERHEIT	5.1 SICHERHEITSDIENSTE (Schließdienste, Bewachung) 5.2 BRANDSCHUTZDIENSTE
6 GEBÄUDEDIENSTE	6.1 HAUSPOST (Verteilung der Post im Haus) 6.2 KOMMUNIKATIONS- & INFORMATIONSTECHNIK 6.3 UMZÜGE - INTERNE TRANSPORTE, HAUSARBEITSDIENSTE 6.4 EMPFANG & INTERNE BÜRODIENSTE 6.5 GASTROSERVICE 6.6 SONSTIGE DIENSTE
7 INSTANDSETZUNG, UMBAU	7.1 GROSSE INSTANDSETZUNG 7.2 VERBESSERUNG & UMNUTZUNG
8 SONSTIGES	8.1 SONSTIGES
9 OBJEKTBESEITIGUNG, ABBRUCH	9.1 PLANUNG & ORGANISATION 9.2 ABBRUCH & ENTSORGUNG 9.3 HERSTELLUNG DES VERTRAGSZUSTANDES

Tabelle 1: Gliederung der Folgekosten<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Anlehnung an: Österreichisches Normungsinstitut: B 1801-2, Bauprojekt. Und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten. Wien 2011; S. 7

## 2.1.2 Lebenszyklus im Immobilienmanagement

Die Gliederung des Lebenszyklus bei Immobilienprojekten unterscheidet sich in der Darstellung zur Ö-NORM B 1801-2. Hierbei wird zwischen drei eigenständige Phasen unterschieden. Diese Phasen sind grundsätzlich sequentiell, können allerdings auch parallel ablaufen. Dies ist in der Abbildung 6 dargestellt.<sup>12</sup>



Abbildung 6: Ganzheitliches Immobilienmanagement nach Diederichs<sup>13</sup>

Diese drei Phasen werden im Facility Management in einer anderen Prozesstiefe eingeteilt. Dies ist in der Abbildung 7 ersichtlich.

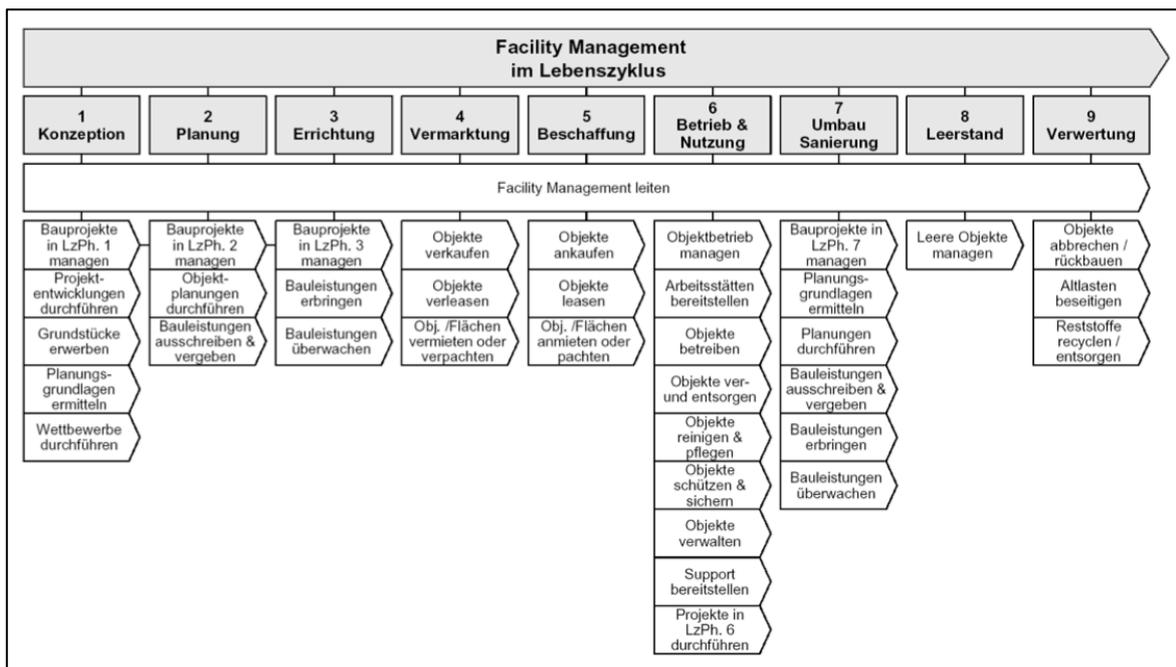


Abbildung 7: Lebenszyklusphasen des ganzheitlichen Immobilienmanagement nach GEFMA 100-2<sup>14</sup>

<sup>12</sup> Vgl: Diederichs, Claus-Jürgen: Immobilienmanagement im Lebenszyklus, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2005, S. 1

<sup>13</sup> Vgl: Diederichs, Claus-Jürgen: Immobilienmanagement im Lebenszyklus, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2005

<sup>14</sup> Diederichs, Claus-Jürgen: Immobilienmanagement im Lebenszyklus, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2005, S. 3

## 2.2 Betrachtung des Abfallaufkommen in Österreich

In Österreich fielen im Jahr 2009 (Bezugsjahr des Bundesabfallwirtschaftsplan - BAWP 2011) circa 53 Millionen Tonnen Abfälle an. Dies besagt der Entwurf des Bundesabfallwirtschaftsplans (BAWP 2011). Dieser Wert beinhaltet auch die Massen der Aushubmaterialien, welche mit rund 23,5 Millionen Tonnen den größten Anteil der Abfälle in Österreich ausmachen. Die Bundesabfallwirtschaftspläne der letzten Jahre zeigen die Veränderungen der Abfälle in Österreich. Hier ist deutlich ersichtlich, dass die Abfälle aus dem Bauwesen den größten Anteil ausmachen. In der Tabelle 2 werden die Veränderungen des Abfallaufkommens in Österreich den Veränderungen der Abfälle im Bauwesen gegenübergestellt. Hierbei kann man erkennen, dass mindestens 52 Prozent der Restmassen der Baubranche zuzuordnen sind. Der vorwiegende Teil der Restmassen besteht aus den Aushubmaterialien, die mindestens 40 Prozent (Jahr 2004) betragen.

	2004	2007	2009
Abfälle aus dem Bauwesen	28.608.000 to 52%	32.349.000 to 56%	30.335.000 to 57%
Aushubmaterialien	22.000.000 to 40%	24.586.000 to 42%	23.465.000 to 44%
Abfälle aus dem Bauwesen	6.608.000 to 12%	7.763.000 to 14%	6.870.000 to 13%
Abfallaufkommen in Österreich	54.577.000 to 100%	57.935.000 to 100%	53.543.000 to 100%

Tabelle 2: Gegenüberstellung Gesamtabfallaufkommen & Abfälle aus dem Bauwesen in den Jahren 2004<sup>15</sup>-2007<sup>16</sup>-2009<sup>17</sup>

Hier ist zu berücksichtigen, dass nicht nur der primär anfallende Abfall in die Studien eingerechnet wird, sondern auch die Sekundärabfälle. Sekundärabfälle resultieren aus Behandlungen von Primärabfällen. Zu dieser Gruppe zählen Schlacken und Aschen aus der Verbrennung von Rest- und Sperrmüll, Rückstände aus der mechanischen und biotechnischen Abfallaufbereitung, Tiermehl und Tierfett aus der Behandlung von tierischen Nebenprodukten sowie Shredderabfälle. Die Sekundärabfälle machen aber nur rund 3 % des gesamten Abfallaufkommens in Österreich aus.<sup>18</sup>

<sup>15</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, Wien, 2006; S. 15

<sup>16</sup> Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 19

<sup>17</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 20

<sup>18</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S.

Im Jahr 2009 fielen mit 57% des gesamten Abfallaufkommens in Österreich rund 30 Millionen Tonnen Abfall aus der Baubranche an. Auch ohne Aushubmaterial betragen die Abfälle immerhin circa 6,87 Millionen Tonnen. Im Vergleich zu dem Wert, der im Jahr 2007 erreicht wurde, bedeutet dies eine geringe Minimierung von rund 7,8 Millionen Tonnen auf 6,8 Millionen Tonnen. Die wirtschaftliche Entwicklung von Hoch- und Tiefbau hat Einfluss auf diese Entwicklung. Somit kann man keine exakte Prognose über das Abfallaufkommen aufstellen, da diese immer von unterschiedlichen Einflussfaktoren wie z.B. der politischen oder wirtschaftlichen Lage abhängig ist.<sup>19</sup>

Das gesamte Abfallaufkommen des BAWP 2011, mit dem Referenzjahr 2009 ist in der Tabelle 3 dargestellt.

ABFALLAUFKOMMEN IN ÖSTERREICH 2009	
Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen	3.895.000,00 to
Grünabfälle	728.500,00 to
Marktabfälle	20.000,00 to
Küchen- und Kantinenabfälle	97.500,00 to
Straßenkehrschutt	200.000,00 to
Kommunale Klärschlämme (30 % Trockensubstanz)	256.400,00 to
Fäkalschlämme (5 % Trockensubstanz)	256.000,00 to
Altstoffe aus Gewerbe und Industrie	2.245.100,00 to
Aushubmaterialien	23.465.000,00 to
Abfälle aus dem Bauwesen	6.870.000,00 to
Altfahrzeuge	85.000,00 to
Elektroaltgeräte	159.994,00 to
Holzabfälle ohne Verpackungen	4.477.000,00 to
Medizinische Abfälle	49.272,00 to
Tierische Nebenprodukte	1.738.700,00 to
Aschen und Schlacken aus der thermischen Abfallbehandlung und von Feuerungsanlagen	1.257.000,00 to
Weitere Abfälle: z.B. Abfälle mineralischen Ursprungs, gefährliche Abfälle, sonstige feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle, Kunststoffabfälle, Gummiabfälle, Shredderrückstände u. a.	7.742.534,00 to
Summe	53.543.000,00 to

Tabelle 3: Abfallaufkommen in Österreich - BAWP 2011<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 19

<sup>20</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 20

In den folgenden beiden Tabelle 4 und Tabelle 5 werden die Veränderungen des Abfallaufkommens dargestellt und eine Prognose für das Jahr 2016 aufgestellt.

ABFALLAUFKOMMEN IN ÖSTERREICH (Angaben in Tonnen)	2004	2007	2009	Prognose - 2016
Abfälle aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen	3.419.000	3.728.000,00	3.895.000,00	3.933.000,00
Altstoffe aus Gewerbe und Industrie	2.311.000	2.284.000,00	2.245.100,00	2.524.000,00
Aushubmaterialien	22.000.000	24.586.000,00	23.465.000,00	25.863.000,00
Abfälle aus dem Bauwesen	6.608.000	7.763.000,00	6.870.000,00	7.395.000,00
Holzabfälle ohne Verpackungen	4.953.000	5.627.000,00	4.477.000,00	5.033.000,00
Aschen und Schlacken aus der thermischen Abfallbehandlung und von Feuerungsanlagen	1.260.000	1.479.000,00	1.257.000,00	1.422.000,00
Summe des gesamten Abfallaufkommens in Österreich	54.577.000,00	57.935.000,00	53.543.000,00	56.000.000,00

Tabelle 4: Verlauf und Prognose des Abfallaufkommens in Österreich 2004<sup>21</sup>- 2007<sup>22</sup> - 2009<sup>23</sup> - 2016<sup>24</sup>

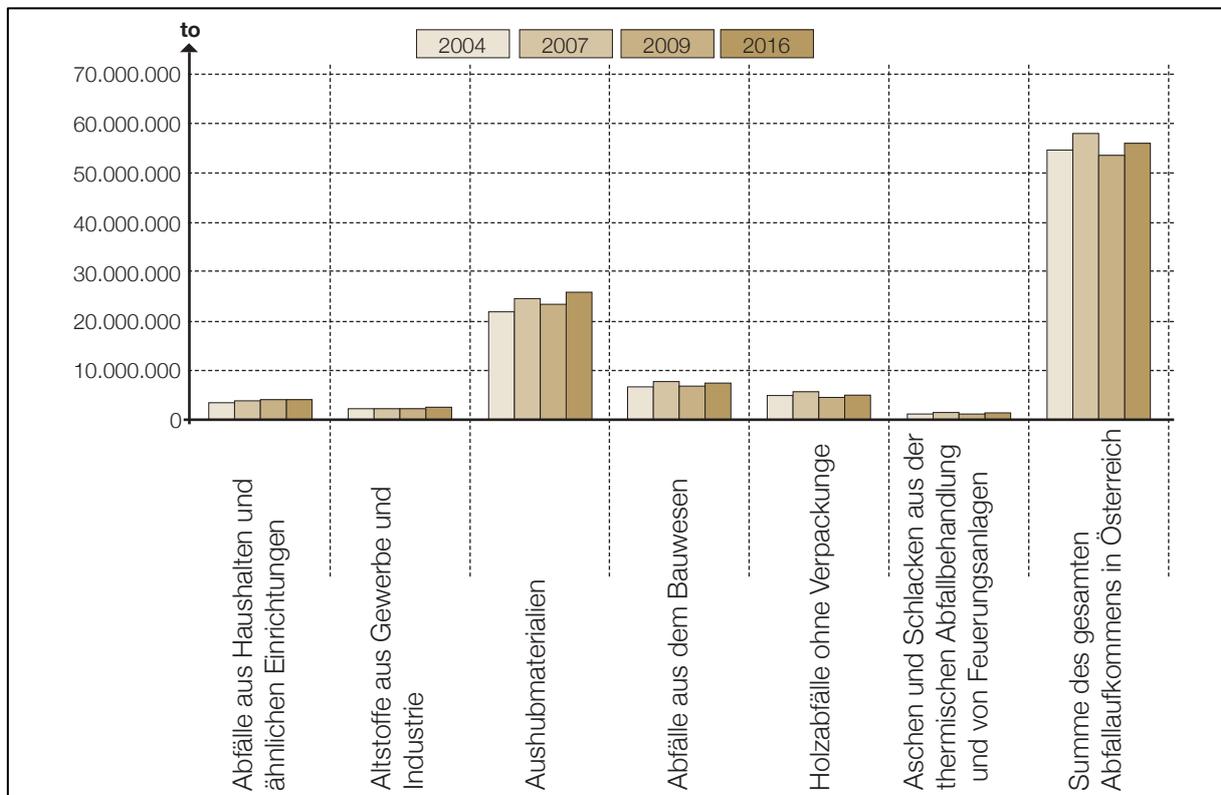


Tabelle 5: Diagrammatische Darstellung des Verlaufs und Prognose des Abfallaufkommens in Österreich in den Jahren 2004 bis 2016

<sup>21</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, Wien, 2006; S. 15

<sup>22</sup> Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 19

<sup>23</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 20

<sup>24</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 23

In Österreich stellen Abfälle die aus der Baubranche resultieren den größten Anteil des Abfallaufkommens dar. Die Bauwirtschaft ist jene wirtschaftliche Kraft, die den größten Materialinput mit rund 40 Prozent hat. Die Restmassen aus der Baubranche sind zu einem großen Teil mineralischen Ursprungs, welche einwandfrei verwertet oder recycelt werden können.<sup>25</sup>

Im Bauwesen fallen auch Reststoffe, an die nicht unproblematisch sind. Nachfolgend sind einige Beispiele angeführt um den Sachverhalt verständlich darzustellen.<sup>26</sup>

- Klebeverbindungen sind im Bauwesen eine häufige Methode, um Verbindungen herzustellen. Die Recycling-Chancen werden mit jeder geklebten Verbindung zwischen organischen und mineralischen Baustoffen geringer, da sie nur sehr schwer voneinander getrennt werden können. Weiters können bei solchen Verbindungen auch Probleme in der Beseitigung und Deponierung auftreten, weil Stoffe verschiedener Abfallklassen verbunden sein können.
- Aluminium-Dampfsperren und andere Verbundmaterialien sollten vor ihrer thermischen Verwertung in ihre Bestandteile zerlegt werden.
- Kunststoffe können Schwermetalle oder Halogene enthalten. Diese Materialien können nur mit zusätzlichen Einrichtungen, wie z.B. Salzabscheidern, in Abfallverbrennungsanlagen thermisch verwertet werden.
- Nachwachsende Dämmstoffe oder synthetische Rohstoffe werden oft mit Schutzmittel oder anderen Zusatzstoffen imprägniert. Bei der Verbrennung können diese Zusatzstoffe in die Asche eingebunden werden oder in Form von Gasen auftreten. Dämmstoffe aus Mineralwolle sind sehr schwer zu bearbeiten. Bei der Verbrennung setzen sie Fasern frei, die Kurzschlüsse in den Filtern der Anlagen verursachen können.
- Der Einsatz von Gips hat nach dem Ende der Lebensdauer dieses Werkstoffes gravierende Nachteile. Durch die chemischen Inhaltsstoffe von Gips kann er in verschiedenen Hydratstufen Bindungen mit oder ohne Kristallwasser eingehen. Dies hat den Nachteil, dass er nicht einwandfrei dem Beton zugeführt werden kann. Sulfate beeinflussen in zu hoher Menge die Betonqualität. Bei der Deponierung

---

<sup>25</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 20

<sup>26</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 20

müssen Gips-Produkte mit besonderen Maßnahmen behandelt werden, denn durch das Sulfat kommt es zu Sulfatwaschungen.<sup>27</sup>

Die Ursachen können mit drei Spezifika begründet werden:

- *„Die Prozessketten im Bauen sind komplexer als in „einfachen“ Produktsystemen. Das Erzeugnis des industriellen Fertigungsprozesses ist das Bauprodukt, aber erst das Gebäude stellt die Funktionseinheit für die Ökologische Betrachtung dar.*
- *Die Individualität von Gebäuden hat zur Folge, dass kein detailliertes, allgemein anwendbares Recyclingkonzept für Gebäude wie z.B. für Autos erstellt werden kann.*
- *Gebäude sind sehr langlebige Güter. Eine Bewertung der Entsorgungseigenschaften in der Planung erfordert daher entweder eine Übertragung der Gegenwart in oder Szenarien für eine ferne Zukunft (50-100 Jahre).“<sup>28</sup>*

## 2.3 Rechtliche Grundlagen

In Österreich gibt es mehrere Gesetze und Regelungen, die den Umgang mit Restmassen aller Art regeln. Das folgende Subkapitel gibt einen Einblick in das Abfallwirtschaftsgesetz, die Baurestmassen Trennungsverordnung, die Deponieverordnung, das Altlastensanierungsgesetz und andere relevante Rahmenrichtlinien.

### 2.3.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002<sup>29</sup>

Nachfolgend wird das Abfallwirtschaftsgesetz aus dem Jahr 2002 behandelt. Der erste Abschnitt des Gesetzes regelt die allgemeinen Bestimmungen, Ziele und Grundsätze. Im ersten Paragraph dieses Abschnitts wird das Vorsorgeprinzip erläutert, welches sich mit den Punkten von Abfallvermeidung bis hin zur Verwertung beschäftigt.

Das Vorsorgeprinzip ist danach auszurichten, dass schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Menschen, Tiere, Pflanzen, deren Lebensgrundlage oder deren natürlichen Umwelt vermieden werden müssen. Klimarelevante Gase und Emissionen von Luftschadstoffen müssen so gering wie möglich gehalten werden. Die Ressourcen, wie Wasser, Energie,

---

<sup>27</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S.20

<sup>28</sup> Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S.21

<sup>29</sup> Verweis auf: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), Wien, 2002; § 1

Landschaft, Flächen und Deponievolumen müssen geschont werden. Es muss darauf geachtet werden, dass stofflich verwertete Abfälle oder aus ihnen gewonnene Stoffe, kein höheres Gefahrenpotenzial aufweisen als Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen. Es dürfen nur Abfälle zurückbleiben, die keine Gefährdung bei der Ablagerung für nachfolgende Generationen darstellt.

Dem Bundesgesetz liegt eine Hierarchie an Zielen vor, die eingehalten werden müssen.

Diese lauten in folgender Reihenfolge:

- Abfallvermeidung
- Vorbereitung zur Wiederverwendung
- Recycling
- sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung
- Beseitigung

Die Rahmenbedingungen dieser fünf Ziele sind im Punkt 2a des Abfallwirtschaftsgesetzes dargelegt.

### **2.3.2 Baurestmassentrennungsverordnung – BGBl. Nr. 259/1991<sup>30</sup>**

Die Baurestmassentrennungsverordnung schreibt die getrennte Sammlung und Verwertung von Materialien bei Bautätigkeiten vor. Diese Verordnung ist mit 1. Jänner 1993 in Kraft getreten.

Bauherren werden grundsätzlich zur Einhaltung der Trennungs- und Verwertungspflicht angewiesen. Des Weiteren muss der Bauherr über gefährliche Abfälle und den Verunreinigungsgrad bei Bodenaushub bekannt geben. Ab einem festgelegten Vorkommen an Stoffgruppen, ist der Bauherr zur Trennung und Angabe über den Verbleib dieser Mengen verpflichtet. Diese Verpflichtungen werden im Bauvertrag vom Bauherren an den Bauunternehmer übertragen. Die periodische Kontrolle durch den Bauherrn ist aber unabdingbar.

---

<sup>30</sup> Vgl: <http://www.brv.at/service/pg16#baurestmassentrennungsverordnung>; Download: 23.06.2011

In der Baurestmassentrennungsverordnung sind folgende Mengenschwellen festgelegt:

Asphaltaufbruch	5t
Baustellenabfälle	10t
Betonabbruch	20t
Bodenaushub	20t
Holzabfälle	5t
Kunststoffabfälle	2t
Metallabfälle	2t
Mineralischer Bauschutt	40t

### **2.3.3 Deponieverordnung - BGBl. II Nr. 39/2008<sup>31</sup>**

Die Deponieverordnung legt den Stand der Technik der Ausstattungen und Betriebsweisen bei der Ablagerung von Abfällen auf Deponien fest.

In der Deponieverordnung werden die Deponien in fünf verschiedene Kategorien eingeteilt:

- Bodenaushubdeponie
- Inertabfalldeponie
- Deponie für nicht gefährliche Abfälle
- Deponie für gefährliche Abfälle

Beton, Silikatbeton, Gasbeton, Holzbeton, Ziegel, Klinker, Mauersteine auf Gipsbasis, Mörtel und Verputze, Stukkaturmaterial, Kaminsteine und Schamotte aus privaten Haushalten, Kies, Sand, Kalksandstein, Asphalt, Bitumen, Glas, Faserzement, Asbestzement, Fliesen, Natursteine, gebrochene natürliche Materialien, und Porzellan werden in der Deponieverordnung als mineralische Materialien festgelegt.

Mineralische Restmassen dürfen fremde Anteile aus Metall, Kunststoff, Holz oder anderen organischen Materialien wie Papier, Kork von maximal 10 Volumprozent enthalten. Nicht enthalten sein dürfen Baustellenabfälle.

---

<sup>31</sup> Vgl: <http://www.br.v.at/service/pg16#deponieverordnung>; Download: 23.06.2011

Bodenaushub darf nur nach einer Gesamtbeurteilung durch eine Fachanstalt abgelagert werden. Diese Untersuchung sollte im festen Zustand des Bodens erfolgen, da die Anzahl der chemischen Analysen reduziert werden kann.

Inertabfälle unterliegen keiner wesentlichen physikalischen oder chemischen Veränderung. Die Auslaugbarkeit und Ökotoxizität dürfen nur unerheblich sein, dürfen aber Oberflächenwässer oder Grundwasser nicht gefährden.

Manipulationen durch das Vermischen von verschiedenen Materialien, um Untersuchungen zu erschweren, sind unzulässig.

### **2.3.4 Altlastensanierungsgesetz - BGBl. Nr. 299/1989**

Im Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) werden die Altlastenbeiträge für das langfristige Ablagern von Abfällen, Verfüllen von Geländeunebenheiten, das Lagern von Abfällen und das Befördern von Abfällen festgelegt. Dieser Altlastenbeitrag ist in der Regel im Deponiepreis enthalten. Das Deponieren von Baurestmassen ist in Österreich altlastenbeitragspflichtig.<sup>32</sup>

### **2.3.5 EU- Abfallrahmenrichtlinie<sup>33</sup>**

#### **Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien:**

Durch einen Maßnahmen-Katalog in der EU-Abfallrahmenrichtlinie, sollen Verbesserungen in der Abfallwirtschaft erreicht werden. Anzumerken ist aber, dass Österreich diese Vorgaben bereits erfüllt. Ziel sollte es sein, sich zu einer Recycling-Gesellschaft zu entwickeln.

Beispiele für diese Maßnahmen sind:

- neue Abfallbehandlungshierarchie
- zwingende Recycling-Quoten
- Abfallvermeidungsprogramme
- Einführung von Lebenszyklen
- Herstellerverantwortung

---

<sup>32</sup> Vgl: <http://www.brv.at/service/pg16#altlastensanierungsgesetz>, 2010; Download: 23.06.2011

<sup>33</sup> Vgl: [http://portal.wko.at/wk/format\\_detail.wk?AngID=1&StID=446509&DstID=0](http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AngID=1&StID=446509&DstID=0); Download: 18.07.2011

- verbesserte Definitionen (Abfall, Abgrenzung zu Produkt und Nebenprodukt usw.)

Die neue Abfallrahmenrichtlinie hat folgende Änderungen und Ziele:

- Schaffung einer Recycling-Gesellschaft
- Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Abfallaufkommen
- Reduzierung der Abfallmengen und Erhöhung der Recyclingquoten
- Schaffung von moderner Abfallbewirtschaftung
- Klarheit und Vereinfachung der Rechtssetzung

### **2.3.6 Abfallnachweisverordnung 2003 - BGBl. Nr. 618/2003**

In der Abfallnachweisverordnung aus dem Jahr 2003 wird die Aufzeichnungs-, Melde- und Nachweispflicht von Abfallbesitzern im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetz § 17 geregelt. Der Abfallbesitzer muss für jedes fortlaufende Kalenderjahr Aufzeichnungen über die Abfallart, Abfallmenge, Abfallherkunft und den Abfallverbleib führen und nachweisen. Sie sind getrennt von den übrigen Geschäftsbüchern oder betrieblichen Aufzeichnungen zu führen.<sup>34</sup>

Diese Verordnung schreibt vor, dass nicht gefährliche Abfälle in dem Baurestmassennachweis-Formular eingetragen und dokumentiert werden. Sie richtet sich somit an Bauunternehmen und auch an Subunternehmen, damit sie den zuständigen Behörden einen korrekten Einblick über den Verbleib der Restmassen bescheinigen können. Somit sollten die Baurestmassennachweise auch in Subunternehmerketten einwandfrei geführt werden, um den ordnungsgemäßen Umgang zu garantieren. Dieser Baurestmassennachweis kann dem Auftraggeber übergeben werden, wenn dies vertraglich vorausgesetzt wird. Er dient als Nachweis gemäß der Baurestmassentrennungsverordnung. Dieser Nachweis über Baurestmassen, sonstige Abfälle und gefährliche Abfälle ist mindestens 7 Jahre nach der letzten Eintragung aufzubewahren.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Vgl: Rosenberger, Robert u.a.: Baurestmassentrennung auf der Baustelle - Ein Leitfaden für die Baustelle, WKO-Geschäftsstelle Bau, Wien, 2006; S. 10

<sup>35</sup> Vgl: Rosenberger, Robert u.a.: Baurestmassentrennung auf der Baustelle - Ein Leitfaden für die Baustelle, WKO-Geschäftsstelle Bau, Wien, 2006; S. 10

Wenn gefährliche Abfälle oder Altöle auftreten sollten, müssen weitere Vorschriften eingehalten werden. Hierbei muss der Abfallbesitzer die Art, Menge, Herkunft und Verbleib dieser Abfälle mit Begleitscheinen und fortlaufenden Aufzeichnungen dokumentieren.<sup>36</sup>

### **2.3.7 Abfallbilanzverordnung BGBl. II Nr. 497/2008**

Ziel der Abfallbilanzverordnung ist es, die bundesweite Vereinheitlichung der Jahresbilanzen, die Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Planungsdaten, die Reduzierung des Planungsaufwandes bei Kontrollen, allgemeinen Berichtspflichten und Berichtspflichten gemäß der EG-Abfallstatistikverordnung zu erreichen. Dies ist im § 1 festgehalten.<sup>37</sup>

Durch die Abfallbilanzverordnung werden Art und Form der elektronischen Aufzeichnungen und Art und Form allfälliger Zusammenfassungen aus den Aufzeichnungen festgelegt. Ziel ist es, die Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit der Sammlung, der Lagerung und der Behandlung von Abfällen zu garantieren. Es werden Art und Form festgelegt, wie die Aufstellungen über die Herkunft der Abfallarten, der jeweiligen Menge und dem jeweiligen Verbleib, inklusive der Art und Menge der in den Wirtschaftskreislauf geführten Stoffe zu erfolgen hat. Diese Aufstellung in Form der Jahresabfallbilanz wird durch den §21 Abs.3 des AWG<sup>38</sup> gefordert.<sup>39</sup>

### **2.3.8 Bauprodukteverordnung EU Nr. 305/2011**

Am 4. April 2011 ist die neue Bauprodukteverordnung erschienen. Dies ist eine EU-Verordnung die die Bauproduktrichtlinie (Richtlinie 89/106/EWG) ablöst. Die vorangehende Bauproduktrichtlinie forderte eine Umsetzung durch nationale Rechtsformen. Die neue EU-Verordnung ist direkt in den Mitgliedsstaaten gültig. Durch Verordnung soll die Problematik der unterschiedlichen CE-Kennzeichnungen vermieden werden, da die Kennzeichnungen europaweit einheitlich erfolgen.<sup>40</sup>

---

<sup>36</sup> Vgl: Rosenberger, Robert u.a.: Baurestmassentrennung auf der Baustelle - Ein Leitfaden für die Baustelle, WKO-Geschäftsstelle Bau, Wien, 2006; S. 11

<sup>37</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Erläuterung zur Abfallbilanzverordnung - Verordnung über Jahresabfallbilanzen - Stand Feb. 2011, Wien, 2008; S. 6

<sup>38</sup> Verweis auf: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), Wien, 2002

<sup>39</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Erläuterung zur Abfallbilanzverordnung - Verordnung über Jahresabfallbilanzen - Stand Feb. 2011, Wien, 2008; S. 6

<sup>40</sup> Vgl:

[http://portal.wko.at/wk/format\\_detail.wk?angid=1&stid=612810&dstid=1166&titel=Neue%2CBauprodukteverordnung](http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=612810&dstid=1166&titel=Neue%2CBauprodukteverordnung); Stand: 27.08.2011

## 2.4 Lebensdauer von Bauwerken

Im folgenden Abschnitt wird die Lebensdauer von Bauwerken erörtert. Hierbei ist es unumgänglich zu wissen, wie lange man die Lebensdauer von Objekten bei der Berechnung der Lebenszykluskosten ansetzen darf. Daraus können zwei Betrachtungsweisen abgeleitet werden, welche in der folgenden Abbildung 8 dargestellt sind.<sup>41</sup>

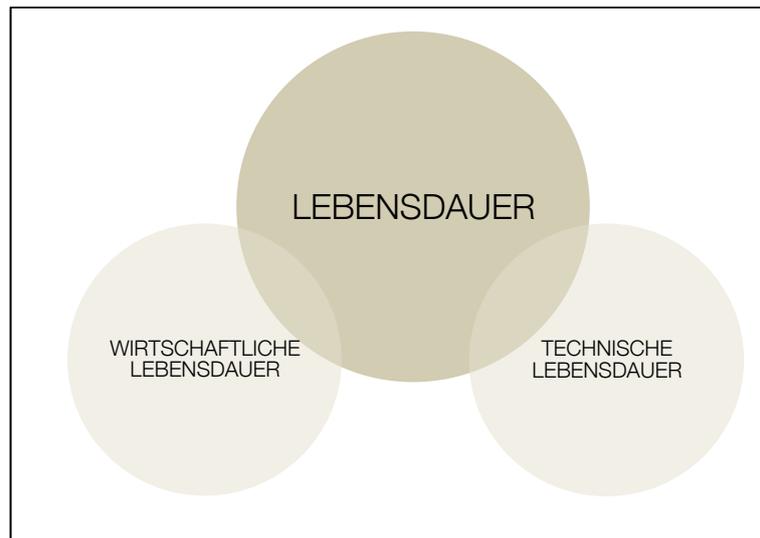


Abbildung 8: Betrachtung & Einteilung der Lebensdauer<sup>42</sup>

Da in dieser Arbeit Abbruchkosten im Falle eines Investments in ein Objekt betrachtet werden, liegt der Fokus nicht auf der technischen sondern auf der wirtschaftlichen Lebensdauer. Aus diesem Grund wird in diesem Punkt die wirtschaftliche Lebensdauer erarbeitet. Die technische Lebensdauer ist jedoch im Anhang erläutert.

### 2.4.1 Wirtschaftliche Lebensdauer

In diesem Abschnitt werden die wirtschaftliche Lebensdauer und die davon abhängigen Parameter erörtert.

Wirtschaftliche und technische Lebensdauern stehen in einer gewissen Abhängigkeit zueinander. Die technische Lebensdauer kann nicht überschritten werden, die wirtschaftliche kann mit gewissen Maßnahmen verlängert werden. Diese Maßnahmen sind z.B. große oder

<sup>41</sup> Vgl: Stempkowski, Rainer: Ausgewählte Kapitel der Bauwirtschaft - Teil Lebenszykluskosten, Skriptum, FH Joanneum, Graz, Wintersemester 2011; S.12

<sup>42</sup> Anlehnung an: Stempkowski, Rainer: Ausgewählte Kapitel der Bauwirtschaft - Teil Lebenszykluskosten, Skriptum, FH Joanneum, Graz, Wintersemester 2011; S.12

kleine Instandhaltungen, sie sind nötig um die technische Lebensdauer überhaupt zu erreichen. Die Nutzungsdauer ist ein Faktor, der durch gesellschaftliche Entwicklungen und Kennzahlen beeinflusst wird. Diese Parameter können Lage, Raumprogramm, Ausstattung und baulicher Zustand sein.<sup>43</sup>

Die wirtschaftliche Lebensdauer wird wie folgt beschrieben:

*„Definiert wird die wirtschaftliche Lebensdauer durch den Zeitraum, in welchem ein Gebäude im Hinblick auf die Befriedigung der Erfordernisse seiner Nutzer wirtschaftlich vertretbar genutzt werden kann.“<sup>44</sup>*

Ein Beispiel hierfür sind Mietobjekte. Sie erfüllen diese Definition, wenn die Mieterträge abzüglich der Rücklagen um so viel höher sind als die Bewirtschaftungskosten, dass eine rentable Rendite erreicht wird. Sollte dies nicht mehr der Fall sein, ist die Rentabilität des Kapitals, das eingesetzt wurde, nicht mehr gegeben. Je nach technischer Restlebensdauer des Objekts, muss es nun modernisiert oder abgebrochen werden.<sup>45</sup>

Nach Kleiber<sup>46</sup> gibt es für die durchschnittliche wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer Annahmen, welche in folgender Tabelle 6 ersichtlich sind.

---

<sup>43</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 26

<sup>44</sup> Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 26

<sup>45</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 26

<sup>46</sup> Verweis auf: Kleiber, Wolfgang: Verkehrswertermittlung von Grundstücken, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag, Köln, 2002,

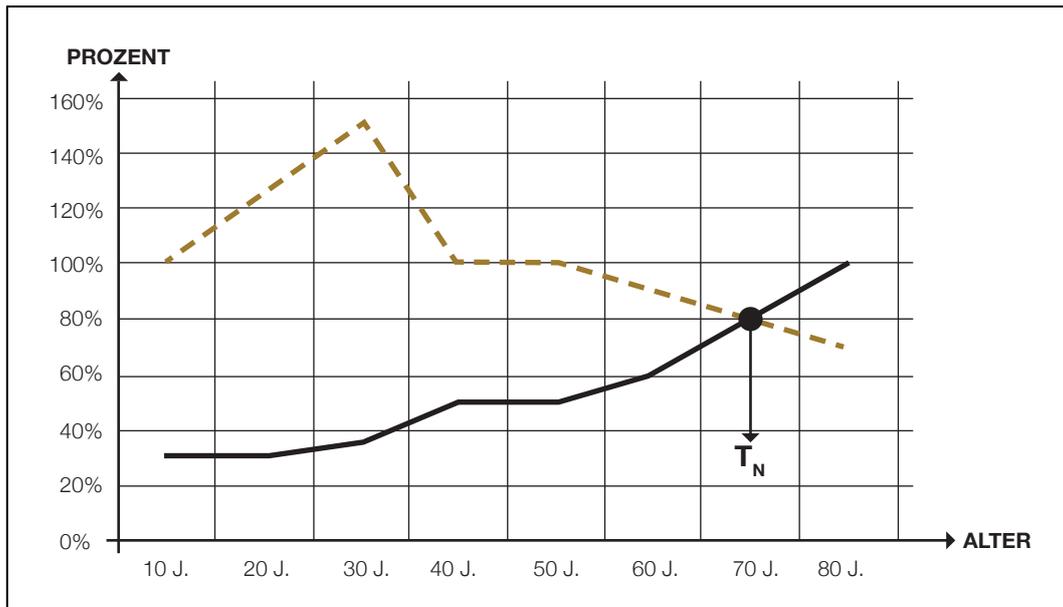
GEBÄUDEART	GESAMTNUTZUNGSDAUER
<b>EINFAMILIENHÄUSER</b> (Entsprechend Ihrer Qualität)	
EINFAMILIENHAUS (auch mit Einliegerwohnung)	60-100 Jahre
<b>ZWEI- &amp; DREIFAMILIENHAUS</b>	
REIHENHAUS (bei leichter Bauweise kürzer)	
FERTIGHAUS (Massivbauweise)	60-80 Jahre
FERTIGHAUS (Fachwerk & Tafelbauweise)	60-70 Jahre
SIEDLUNGSHAUS	50-60 Jahre
HOLZHAUS	
SCHLICHTHAUS (massiv)	50-60 Jahre
<b>MIETWOHNGBÄUDE</b>	
MIETWOHNGBÄUDE (frei finanziert)	60-80 Jahre
MIETWOHNGBÄUDE (soziale Wohnraumförderung)	50-70 Jahre
GEMISCHT GENUTZTE HÄUSER (mit gewerblichen Mietertragsanteil bis 80%)	50-70 Jahre
<b>DIENSTLEISTUNGSSIMMOBILIEN</b>	
VERWALTUNGS- & BÜROGEBÄUDE	50-70 Jahre
SCHULEN, KINDERGÄRTEN	50-70 Jahre
GEWERBE- & INDUSTRIEGEBÄUDE (bei flexibler und zukunftsgerechter Ausführung)	40-60 Jahre
STALLGEBÄUDE	15-25 Jahre
TANKSTELLEN	10-20 Jahre
SELBSTBEDIENUNGS- & BAUMARKT/EINKAUFSZENTRUM	30-50 Jahre
HOTELS, SANATORIEN, KLINIKEN	40-60 Jahre

Tabelle 6: Durchschnittliche wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer nach Kleiber<sup>47</sup>

Es kann angenommen werden, dass die Mieterträge und Bewirtschaftungskosten keinen konstanten Verlauf haben, denn die Bewirtschaftungskosten sind in den ersten Nutzungsjahren geringer, da auch der Reparaturaufwand gering ist. Dafür können aufgrund der neuen Qualitäten höhere Mieten erwirtschaftet werden. Über die Jahre verhalten sich diese beiden Kostengruppen genau gegengleich. Die Mieteinnahmen werden fallen, da die Qualität des Objekts nicht mehr dem Optimum entspricht und der Reparaturaufwand steigt immer mehr an. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 9 beschrieben.<sup>48</sup>

<sup>47</sup> Verweis auf: Kleiber, Wolfgang: Verkehrswertermittlung von Grundstücken, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag, Köln, 2002, S. 1511

<sup>48</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 27

Abbildung 9: Bestimmung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer<sup>49</sup>

### Abhängigkeit der Nutzungsdauer

Die wirtschaftlichen Lebensdauern werden in Art und Nutzung unterschieden. Wohn- und Bürohäuser haben eine höhere wirtschaftliche Lebensdauer als Geschäfts- und Industriebauten. Die wirtschaftliche Lebensdauer lässt sich mit grundlegenden Modernisierungen verlängern. Dieser Wert beträgt 20 bis 30 Jahre.<sup>50</sup>

Ross, Brachmann und Holzner definieren folgende Einflussfaktoren für die wirtschaftliche Lebensdauer:

- Qualität des Gebäudes: Grundrissanordnung, Raumgröße und Raumtiefe, Flexibilität der Tragstruktur, Qualität der Ausstattung, Art der Belichtung und Belüftung
- Zustand des Gebäudes: baulicher Zustand, äußeres Erscheinungsbild, Energieverbrauch
- Lage des Grundstückes: Infrastruktur, günstige Anbindung zu Erholungsgebieten und Einkaufszentren, Attraktivität des Umfeldes
- Lage des Ortes: örtliche und wirtschaftliche Verhältnisse, Ortsgröße, Entfernungen, City- oder Vorstadtlage, Verkehrsanbindung

<sup>49</sup> Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 27

<sup>50</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 27

Die dadurch entstehenden prognostizierten Lebensdauern von Gebäudetypen sind in der Tabelle 7 ersichtlich.

GEBÄUDETYP	NUTZUNGSDAUER
Einfamilienhäuser	
Massive Bauart	60-80 Jahre
Leichte Bauart	40-50 Jahre
Städtische Mietwohnhäuser	
Moderne Ausstattungen	80 Jahre
Sozialer Wohnbau	50-60 Jahre
Wohn- und Geschäftshäuser (städtisch)	60-80 Jahre
Bürogebäude, Geschäfte	60 Jahre
Kaufhäuser	40-50 Jahre
Einkaufszentren, Supermärkte	40 Jahre
Industriebauten, Fabrikshallen	30-40 Jahre
Landwirtschaftliche Wohn- und Betriebsgebäude	80-100 Jahre

Tabelle 7: Wirtschaftliche Lebensdauer nach Ross, Brachmann und Holzner<sup>51</sup>

### Nutzungsdauer von Ausbauteilen

Die Nutzungsdauer von Ausbauteilen sind wesentlich geringer als die Objektnutzungsdauer, da diese einem sehr starken Wandel der Ansprüche der Qualität unterliegen. Auch hier ist es so, dass die wirtschaftliche Lebensdauer kürzer ist als die technische Lebensdauer ist. Durchschnittlich beträgt sie circa 25 Jahre. Um am Markt bestehen zu können, sind die wirtschaftlichen Lebensdauern bei Kaufhäusern und ähnlich intensiv genutzten Objekten circa 10 bis 15 Jahre. Nach dieser Zeit ist ein Um- oder Ausbau nötig.<sup>52</sup>

### Erneuerungsinvestitionen zu Erhaltung des Ertragswertes

Durch laufende Instandhaltungen während der technischen Lebensdauer bleibt ein Gebäude ertragsfähig. Durch diese Erneuerungsmaßnahmen wird das Gebäude den Anforderungen des Marktes angepasst. Diese Investitionen nennt man Erneuerungsinvestitionen. Die Erneuerungsinvestitionen können über die Nutzungsdauer die Größenordnung der Gebäudeherstellungskosten erreichen. Den Erneuerungen sind aber technische Rahmen

<sup>51</sup> Ross/Brachmann/Holzner: Ermittlung des Bauwertes von Gebäuden und des Verkehrswertes von Grundstücken, Hanover, 1997

<sup>52</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 28

gesetzt. So können zum Beispiel höhere Raumhöhen nur sehr schwierig und kostenintensiv umgesetzt werden.<sup>53</sup>

### **Unterlassene Erhaltung**

Durch das Unterlassen von Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen kann es zu einer verkürzten Nutzungsdauer kommen. Bauschäden und Baumängel werden bei Bewertungen bestehender Objekte als Reparaturstau gewertet. Dies zieht eine Minderung des Verkehrswertes für die Durchführung der nötigen Reparaturmaßnahmen nach sich. Sollten diese Reparaturen unterlassen werden, kann es zu Folgeschäden kommen. Dies kann negativen Einfluss auf die Instandsetzungskosten haben.<sup>54</sup>

In dem folgenden Abschnitt wird das Resümee der wirtschaftlichen Lebensdauer dargestellt.

### **2.4.2 Resümee**

Die Werte in der Tabelle 7 sind Annahmen, die je nach Investment und der wirtschaftlichen Situation variieren können. Gründe dafür sind zum Beispiel variable Kreditzinsen, die Situation am Immobilienmarkt und weitere Parameter. Nach dem Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer haben Investoren oder Bauherren im Grunde zwei Möglichkeiten mit der betroffenen Immobilie umzugehen:

1. Entweder sie beginnen mit einem neuen Investment eine neue wirtschaftliche Lebensdauer oder
2. sie beenden das Investment mit dem Rückbau.

Das neuerliche investieren in das Objekt kann durch eine Sanierung oder durch einen Ausbau stattfinden. In der Abbildung 10 wird dieser Sachverhalt zusätzlich noch einmal grafisch veranschaulicht.

---

<sup>53</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 28

<sup>54</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 28

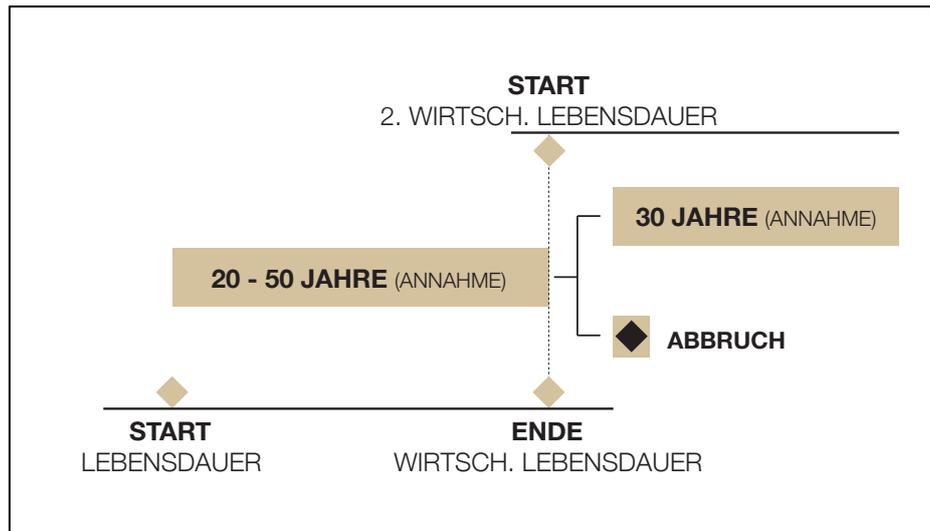


Abbildung 10: Situation nach Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer

## 2.5 Abfälle aus dem Bauwesen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Abfällen, welche aus dem Bauwesen resultieren. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf Stoffen, die häufig vorkommen. Es wird Einblick in die Einteilung, Vorkommen und weitere Bearbeitungsschritte gegeben. Im ersten Teil werden die allgemeinen Grundlagen erläutert. Im zweiten Teil wird die Einteilung des Bundesabfallwirtschaftsplanes anhand gängiger Beispiele veranschaulicht.

### 2.5.1 Definition und Herkunft

Materialien, die bei Bau-, Umbau und Abbruchtätigkeiten anfallen, werden als Abfälle aus dem Bauwesen deklariert. Die Haupteinflussfaktoren sind der Abbruch, Umbau und die Sanierung. Aus dem Neubaugeschehen stammen nur rund zehn Prozent. Ob die Abfälle dem Hochbau, Tiefbau oder Straßenbau zugeordnet werden, ist nicht relevant. 70-90 Prozent der Gesamtmengen werden im Hochbau Beton, Ziegel und sonstigen Mauerabbrüchen zugeordnet. Die restlichen Baustoffe sind Holz, verschiedene Metalle und diverse Baustellenabfälle. Im Tiefbau ist der größte Einflussfaktor der Erdaushub. Weitere wichtige Faktoren sind Verschnitte von Schalholz und Bewehrungseisen und Betonabbruch. Asphalt- Betonabbruch, Erdaushub sind im Straßenbau die größten Abfallgruppen. Gleisschotter zählt zu den üblichen Abfällen bei Errichtungen und Demontagen von Gleisanlagen.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundesabfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 62

## 2.5.2 Einteilung der Abfälle aus dem Bauwesen

Abfälle können nach verschiedenen Anschauungspunkten eingeteilt werden. Die beiden wichtigsten Einteilungen der Abfälle ist die des Bundesabfallwirtschaftsplanes und die der Ö-NORM S 2100. In den folgenden Unterkapiteln werden diese beiden Möglichkeiten erläutert.

### 2.5.2.1 Einteilung laut Bundesabfallwirtschaftsplan 2011

Abfälle aus dem Bauwesen werden laut Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) in vier Gruppen eingeteilt. Diese branchenüblichen Gruppen sind Aushubmaterialien, mineralische Abfälle, organische Abfälle und gefährliche Abfälle.

Abfälle aus dem Bauwesen werden laut BAWP in folgende Gruppen deklariert, wie in Abbildung 11 dargestellt ist.

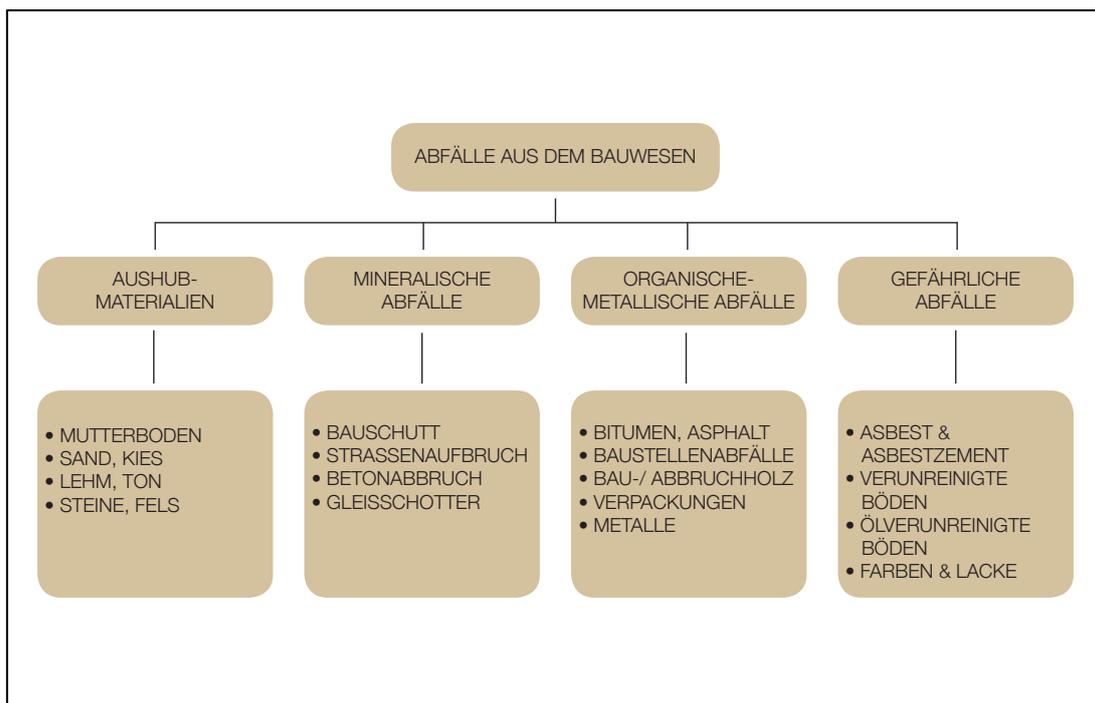


Abbildung 11: Zusammensetzung der Abfälle aus dem Bauwesen<sup>56</sup>

<sup>56</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundesabfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 62

### 2.5.2.2 Einteilung laut Ö-NORM S 2100 (2005)

Die Ö-NORM S 2100 - Abfallverzeichnis dient dem Zweck, Abfallarten und ihre Bezeichnungen zu definieren. Sie werden in drei Gruppen eingeteilt, welche wie folgt lauten:

- Nicht gefährliche Abfälle
- Gefährliche Abfälle
- Gefährliche - nicht ausstufbare Abfälle

Abfallarten jeglicher Art müssen ihrer zugehörigen Abfallgruppe zugeführt werden. Die passende Abfallgruppe ist diejenige, welche die gesamten Stoffeigenschaften am besten beschreibt. Hierbei sind aber alle Stoffe, deren Herkunft, ihre stofflichen Eigenschaften sowie ihre Gefährlichkeit zu bedenken. Somit muss die genaueste Spezifizierungen ermöglicht werden. Sollte jedoch der Fall eintreten, dass die Zusammensetzung nur über eine chemische Analyse erfolgen kann, muss diese Beurteilung sachverständig sein und alle chemisch relevanten Parameter beinhalten. Diese Beurteilung hat nach Stand der Technik zu erfolgen und alle weiteren Informationen über die Herkunft des Abfalls oder Abfallqualitäten zu beinhalten. Weitere Teile der Beurteilungsgrundlagen von Abfällen sind der Analysebericht und das Probeentnahmeprotokoll oder die Prozessbeschreibung.<sup>57</sup>

In der folgenden Tabelle 8 werden die Bezeichnungen der Fraktionen und deren Zusammensetzung erläutert.

BEZEICHNUNG	ZUSAMMENSETZUNG
Bauschutt	Ziegel, Beton, Keramik, Steine, Fliesen
Straßenaufbruch	Asphaltaufbruch zum Teil mit Beton und Schotter vermischt; Bitumen
Betonabbruch	Konstruktionsteile oder Fertigteile aus Beton
Gleisschotter	Grobschotter von Gleisanlagen
Bitumen, Asphalt	Asphaltaufbruch
Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	Dämmstoffe, Gipskarton, Steine, Kunststoffrohre, Verschnitte verschiedener Bauteile

Tabelle 8: Einteilung der Abfälle im Bauwesen lt. Ö-NORM 2100<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Vgl: Österreichisches Normungsinstitut: S 2100, Abfallverzeichnis, Wien 2005; S. 4

<sup>58</sup> Österreichisches Normungsinstitut: S 2100, Abfallverzeichnis, Wien 2005

Abfälle, die auf Baustellen anfallen, kann man in folgende Fraktionen einteilen:

- Aushubmaterial
- Mineralischer Bauschutt – recyclingfähig
- Mineralischer Bauschutt – nicht recyclingfähig
- Betonabbruch
- Asphaltaufruch
- Kunststoffabfälle
- Metallabfälle
- Biogene Abfälle
- Holzabfälle
- Gefährlicher Abfall

Die optimale, sortenreine Trennung dieser Stoffe liegt im Sinne der sinnvollen Wiederverwertung der Kreislaufwirtschaft. Somit können die Entsorgungskosten minimiert und optimiert werden.

In der Ö-NORM S 2100 sind nicht alle SN-Nummern angeführt, da diese Richtlinie nicht tagesaktuell ist. Das aktuelle SN-Nummern-Verzeichnis wird im EDM-Portal<sup>59</sup> auf dem neuesten Stand gehalten.

### **2.5.3 Aufkommen von Abfällen aus dem Bauwesen**

Abfälle aus dem Bauwesen sind aufgrund der wirtschaftlichen Lage von Hoch und Tiefbauten nicht exakt prognostizierbar. Das Aufkommen im Jahr 2009 beläuft sich auf circa 6,9 Millionen Tonnen.<sup>60</sup>

Mit Hilfe der Einteilung nach der Ö-NORM S 2100 können Abfälle den deklarierten Klassen zugewiesen werden. Sie werden in der Tabelle 9 dargestellt.

---

<sup>59</sup> Verweis auf: [https://secure.umweltbundesamt.at/edm\\_portal/home.do](https://secure.umweltbundesamt.at/edm_portal/home.do); Download: 28.12.2011

<sup>60</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 63

SCHLÜSSELNUMMER	BEZEICHNUNG gemäß ÖNORM S2100(2005)	AUFKOMMEN in Tonnen
31409	Bauschutt (keine Baustellen- abfälle)	3.200.000
31410/54912	Straßenaufbruch/Bitumen und Asphalt	1.300.000
31427	Betonabbruch	1.700.000
31467	Gleisschotter	370.000
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	300.000
GESAMT		6.870.000

Tabelle 9: Abfallaufkommen aus dem Bauwesen im Jahr 2009<sup>61</sup>

## 2.5.4 Behandlung von Abfällen aus dem Bauwesen

Im Jahr 2009 wurden circa 5,5 Millionen Tonnen Abfälle aus dem Bauwesen wiederverwertet. Dies sind circa 80 Prozent der gesamten Menge, die im Bauwesen anfallen. Die Sammlung erfolgt in der Regel direkt auf der Baustelle durch Entsorgungs- und Abbruchunternehmen. Sollten Kleinstmengen auftreten, so werden diese in der Regel auch von kommunalen Altstoffzentren angenommen.<sup>62</sup>

## 2.5.5 Beispiele

Im folgenden Teil wird jede Gruppe von Abfällen aus dem Bauwesen mit Fraktionen erläutert, um dies besser darzustellen.

### 2.5.5.1 Aushubmaterialien

Als Aushubmaterialien werden Materialien definiert, die beim Ausheben oder Abräumen des Bodens oder Untergrundes anfallen. Es wird zwischen folgende Gruppen unterschieden:<sup>63</sup>

- Aushubmaterial
- Erdaushub
- Bodenaushubmaterial
- Gefährlich verunreinigtes, gefährlich kontaminiertes Aushubmaterial
- Nicht gefährlich verunreinigtes, nicht gefährlich kontaminiertes Aushubmaterial

<sup>61</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 63

<sup>62</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 63

<sup>63</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

- Nicht verunreinigtes, nicht kontaminiertes Aushubmaterial
- Technisches Schüttmaterial

### **Aushubmaterial**

Aushubmaterialien sind Abfälle, die hauptsächlich aus dem Fels und Erdreich entstehen. Sie fallen bei Bauprojekten und Infrastrukturprojekten an.<sup>64</sup>

### **Erdaushub**

Erdaushub umfasst Materialien, die durch das Ausheben oder Abräumen anfallen. Sie müssen einen Anteil von mehr als 50 Prozent aus Boden und Erde beinhalten.<sup>65</sup>

### **Bodenaushubmaterial**

Bodenaushubmaterialien sind jene Materialien, die beim Ausheben oder Abräumen anfallen und einen Fremdkörperanteil von maximal fünf Prozent beinhalten. Diese können mineralische Baurestmassen darstellen. Organische, bodenfremde Bestandteile dürfen nur zu maximal einem Prozent beinhalten sein. Diese Stoffe können z.B. Papier oder Kunststoff sein. Eine weitere Anforderung an diesen Stoff ist auch, dass er natürlich gewachsen sein muss und dass die Fremdstoffe schon vor der Erdbewegung, Aushub- oder Abräumtätigkeiten, enthalten waren.<sup>66</sup>

### **Gefährlich verunreinigtes, gefährlich kontaminiertes Aushubmaterial**

Aushubmaterialien, bei denen ein oder mehrere H-Kriterien zutreffen, oder bei jenen, die aufgrund der Vornutzung als gefährlich oder kontaminiert ausgewiesen werden, werden als gefährlich verunreinigt oder gefährlich kontaminiert deklariert. Diese Deklaration muss eingeführt werden, wenn ein Zutreffen von einem oder mehreren Stoffen vorkommt. Durch diverse Vornutzungen oder Verschmutzungen kann auch angenommen werden, wenn diese eine offensichtliche Verunreinigung darstellen, dass das Aushubmaterial durch organische Stoffe kontaminiert ist. Zu diesen Stoffen zählen z.B. Schwermetalle. Die Nichtgefährlichkeit des Materials muss in diesem Fall nachgewiesen und analytisch geprüft werden.<sup>67</sup>

---

<sup>64</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

<sup>65</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

<sup>66</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

<sup>67</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

### **Nicht gefährlich verunreinigtes, nicht gefährlich kontaminiertes Aushubmaterial**

Aushubmaterialien, die gemäß der Deponieverordnung 2008 auf Deponien gelagert werden, die Anforderungen aber nicht erfüllen.<sup>68</sup>

### **Nicht verunreinigtes, nicht kontaminiertes Aushubmaterial**

Fraktionen, die auf Deponien gelagert werden und die Deponieverordnung 2008 erfüllen.<sup>69</sup>

### **Technisches Schüttmaterial**

Materialien, die nicht natürlich gewachsen sind und durch bautechnische Einbauarten wie Rollierung, Drainagen oder Drainageschichten eingebracht wurden. Sie entsprechen diversen technischen Anforderungen und sind durch technische Herstellung, wie z.B. Siebungen, produziert worden.<sup>70</sup>

#### **2.5.5.2 Zusammensetzung**

Aushubmaterialien bestehen in der Regel aus mineralischen Anteilen. Sie können in der reinen Form oder als Gemisch vorkommen. Dies sind beispielsweise.<sup>71</sup>

- Schotter
- Kiesen
- Sanden
- Felsabbruch
- Erden
- Humus
- Lehm

---

<sup>68</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

<sup>69</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 59

<sup>70</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

<sup>71</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

Natürliche Verunreinigungen von Aushubmaterialien können Wurzelreste oder Holzstücke sein. Anthropogene Verunreinigungen können im Aushubmaterial ebenso enthalten sein. Zu diesen zählen zum Beispiel:<sup>72</sup>

- Teile von Rohren
- Leitungen
- Fundamente

### **2.5.5.3 Aufkommen**

Im Jahr 2009 betrug das Aufkommen an Aushubmaterialien in Österreich 23,465 Millionen Tonnen. Ein Großteil dieser Menge wurde z.B. für Geländekorrekturen, Dammherstellungen oder Untergrundverfüllungen verwendet. Diese Menge betrug im Jahr 2009 rund 12,8 Millionen Tonnen. Diese Zahl kann man nicht genau fixieren, da dieses Material oft nicht als Abfall eingestuft wird. Mit rund 8,5 Millionen Tonnen Aushubmaterial wurde ein Teil des Abfallaufkommens. der größere Teil des anfallenden Aushubmaterials wurde für Baumaßnahmen herangezogen und zum Zwecke des Massenausgleichs oder für andere bautechnische Zwecke verwendet. Dieser Teil wird nicht als Abfall deklariert und somit außer Acht gelassen. Die Menge der Aushubmaterialien hängt direkt von den Bauvorhaben im Tiefbau ab. Somit ist eine exakte Prognose des Aufkommens für die nächsten Jahre nicht möglich.<sup>73</sup>

Die Aufkommen der Aushubmaterialien wird in der Tabelle 10 dargestellt.

---

<sup>72</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

<sup>73</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

SCHLÜSSELNUMMER	SPEZIFIZIERUNG	BEZEICHNUNG DER SCHLÜSSELNUMMER	BEZEICHNUNG DER SPEZIFISZIERUNG	AUFKOMMEN IN TONNEN
31411	29	Bodenaushub	Bodenaushubmaterialien mit Hintergrundbelastung	4.700.000 to
31411	30	Bodenaushub	Klasse A1	1.400.000 to
31411	31	Bodenaushub	Klasse A2	1.300.000 to
31411	32	Bodenaushub	Klasse A2G	100.000 to
31411	33	Bodenaushub	Inertstoffqualität	1.700.000 to
31411	34	Bodenaushub	Technisches Schüttmaterial, < 5 Vol.%bodenfremde Bestandteile	100.000 to
31411	35	Bodenaushub	Technisches Schüttmaterial, > 5 Vol.%bodenfremde Bestandteile	4.000 to
31423	36	Ölverunreinigte Böden	Bodenaushub & ausgehobenes Schüttmaterial, KW-verunreinigt, nicht gefährlich	800.000 to
31424	37	sonstige Verunreinigte Böden	Bodenaushubmaterialien & ausgehobenes Schüttmaterial, sonst. verunreinigt, nicht gefährlich	400.000 to
31484	88	Bodenaushubmaterial & Schüttmaterial aus der chemisch/physikalischen Behandlung	Ausgestuft	41.000 to
54504	88	Rohölverunreinigtes Erdreich, Aushub und Abbruchmaterial	Ausgestuft	120.000 to
GESAMT				10.665.000 to
Schätzung zum Aufkommen von Aushubmaterialien, welche für Geländekorrekturen, Untergrundverfüllungen, Dammherstellungen, etc. verwendet wurden				12.800.000 to
GESAMT				23.465.000 to

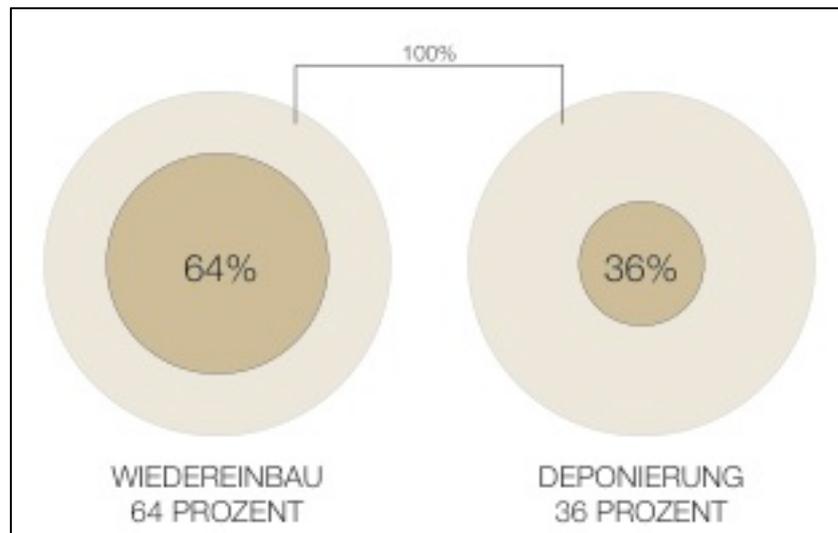
Tabelle 10: Aufkommen der Aushubmaterialien im Jahr 2009<sup>74</sup>

#### 2.5.5.4 Behandlung

Im Jahr 2009 wurde circa 64 Prozent der Aushubmaterialien wieder eingebaut. Die sortenreinen Fraktionen wurden in der Regel als Füll-Schüttmaterial für Geländekorrekturen eingesetzt. Zu dieser Gruppe zählen Schotter, Kiese, Sände und ähnliche. Im Garten- und Landschaftsbau sind Erden, Humus und Lehm zum Einsatz gekommen. Dies ist in der Abbildung 12 grafisch dargestellt.<sup>75</sup>

<sup>74</sup> Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

<sup>75</sup> Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

Abbildung 12: Verbleib der Aushubmaterialien im Jahr 2009<sup>76</sup>

Im gesamten österreichischen Raum wurden im Jahr 2009 etwa 490.000 Tonnen recyceltes Gestein (z.B. Schotter, Kiese, Sände) erzeugt und 790.000 Tonnen verunreinigte, nicht gefährliche Bodenaushubmaterialien wieder aufbereitet. Diese Zahlen liegen dem Österreichische Baustoff-Recyclingverband vor.<sup>77</sup>

Stationäre und mobile Anlagen, in denen Abfälle chemisch, physikalisch, biologisch oder thermisch behandelt werden, dienen zur Verarbeitung von gefährlichem Aushubmaterial. Im Jahr 2009 wurden insgesamt 133.000 Tonnen gefährlichen Aushubmaterials verarbeitet. Zu dieser Fraktion gehören durch Rohöl verunreinigtes Erdreich und sonstig verunreinigte Böden. In Österreich wird derzeit bei 24 Anlagen verunreinigtes Bodenaushubmaterial behandelt. Alle 24 Anlagen haben zusammen eine Gesamtkapazität von einer Million Tonnen Aushubmaterial. In speziellen Anlagen, wie zum Beispiel in den Drehöfen der Fernwärme Wien Ges.m.b.H, im Werk Simmeringer Haide, können auch gefährlich verunreinigte Aushubmaterialien thermisch behandelt werden.

<sup>76</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 61

<sup>77</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011;S. 60

#### **2.5.5.5 Gefährliche Abfälle**

In diesem Abschnitt werden die Herkunft, Aufkommen, Ausstufung und Behandlung der gefährlichen Abfälle erläutert.

##### **Aufkommen**

Für die Datenerhebung wurde auf die Daten der e-Begleitscheine zurückgegriffen. Weitere Daten wurden durch die Import- und Exportdaten des Jahres 2009 gewonnen. Bei diesen Angaben kann es aber zu Überschneidungen mit anderen Abfallgruppen kommen. Das Aufkommen der Fraktionen die in österreichische Behandlungsanlagen behandelt wurden, betrug im Jahr 2009 circa 957.000 Tonnen. Im Vergleich zum Jahr 2008 ist das Abfallaufkommen dieser Fraktion um rund 250.000 Tonnen gefallen. Dies ist auf das Vorkommen von verunreinigten Böden zurückzuführen. Dies kommt nicht regelmäßig vor und hat somit Auswirkung auf das Gesamtaufkommen. Des Weiteren ist wegen der Wirtschaftskrise die Produktion in der Industrie zurückgegangen, somit auch das Gewinnen von Schlacken. Im Vergleich zum Gesamtabfallaufkommen macht diese Abfallgruppe circa zwei Prozent aus. Zusätzlich wurden im Jahr 2008 circa 82.000 Tonnen gefährlicher Abfall aus dem Ausland in österreichischen Behandlungsanlagen verarbeitet.<sup>78</sup>

##### **Behandlung**

Für die Behandlung von gefährlichen Abfällen gibt es in Österreich besondere Anlagen. Die Deponieverordnung gibt hier die Vorgaben der Verarbeitung vor. Ziel ist es die gefährlichen Abfälle in Deponierfähiges Material umzuwandeln. Da die Ablagerung oder Deponierung von gefährlichen Abfällen in Österreich verboten ist, sind diese Betriebe gezwungen die Stoffe zu verarbeiten, oder sie zu exportieren. In Österreich wurden circa 450.000 Tonnen an gefährlichen Abfällen behandelt. Rund 215.000 Tonnen wurden im Ausland im Untertagedeponien verbracht oder anderen Verwertungen oder Beseitigungen zugeführt.<sup>79</sup>

#### **2.5.5.6 Asbestabfälle**

In diesem Unterkapitel wird im Rahmen der gefährlichen Abfälle das Thema Asbest behandelt.

---

<sup>78</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 84

<sup>79</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 87

### **Abfallqualität**

Asbest ist ein natürlich vorkommendes Mineral. Im Zeitraum von 1960 bis 1980er Jahren wurde Asbest aufgrund der guten Hitze- und Feuerbeständigkeit eingebaut. Weitere Anwendungen waren als Baumaterial (Eternitplatten, Spritzasbest), Isoliermaterial, Speichermedium bei Elektroheizungen oder Fußbodenbeläge. Asbest kommt in der Natur in zwei verschiedenen Gruppen vor:<sup>80</sup>

- Serpentinegruppe
  - Chrysotil
- Amphibolgruppe
  - Aktinolith
  - Amosit
  - Anthophyllit
  - Krokydolith
  - Tremolit

Asbest besteht aus feinen Fasern, die bei unsachgemäßer Entfernung freigesetzt werden können. Sollte dieser Asbeststaub über einen längeren Zeitraum die Atemluft verunreinigen, kann Asbest Staublunge, Brustkrebs oder Bauch- und Rippenfellkrebs verursachen. Als dies erkannt wurde, wurden ab 1978 die ersten Produkte verboten. Schließlich wurde dies 1990 ausgeweitet. Mittlerweile werden nur mehr wenige Ausnahmen zum Erwerb angeboten. Seit dem 1. Jänner 2007 sind Asbestabfälle als gefährliche Abfälle deklariert. Sie können unter speziellen Voraussetzungen auf Deponien für nicht gefährliche Abfälle abgelagert werden.<sup>81</sup>

---

<sup>80</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 81

<sup>81</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 81

## Aufkommen

Die folgende Abbildung 13 zeigt das Vorkommen von Asbest:

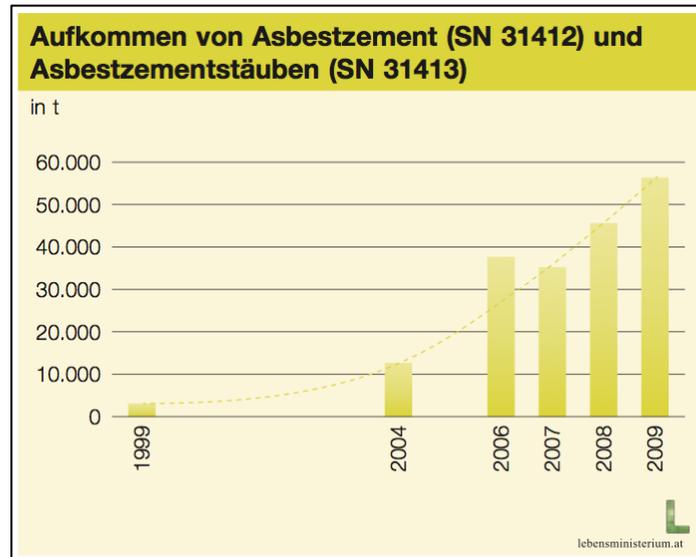


Abbildung 13: Asbestaufkommen 1999 bis 2009<sup>82</sup>

Das Vorkommen von Asbest stagniert, ist aber unregelmäßig. Der massive Anstieg ist durch die Verwendung in den 1960er bis 1990er Jahren begründet, da die Nutzungsdauer von vielen Objekten in dieser Dekade endet. Hierbei handelt es sich um Asbest, das bei Umbau- oder Renovierungsarbeiten anfällt. Seit dem 1. Juli 2007 ist der Import von Asbest verboten.<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 82

<sup>83</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 83

## Behandlung

Die folgende Tabelle 11 zeigt die Asbestabfälle welche seit 1999 abgelagert wurden:

Auf Deponien abgelagerte asbesthaltige Abfälle in Tonnen (Werte für 1999-2007 Auswertung aus der Anlagen- und Stoffdatenbank im Umweltbundesamt, Datenstand 11.11.2008; Werte für 2008: EDM-Auswertung, Datenstand 24.02.2010; Werte für 2009 aus Aufkommen und Importen geschätzt [EDM-Auswertung 17.05.2010])												
SN	Bezeichnung	Jahr										
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
31 412 +	Asbestzement +											
31 413	Asbestzementstäube	5.800	16.800	14.000	10.700	11.200	13.100	24.300	95.600	49.500	44.700	56.100
31 437	Asbestabfälle +											
	Asbeststäube	41	6	180	740	1.000	1.200	370	570	420	300	640

Tabelle 11: Deponierte Asbestabfälle seit 1999<sup>84</sup>

Die Ablagerung von Asbestzement und Asbestzementstäuben stieg von 1999 bis 2009. Dies ist auf den Import vor 2007 zurückzuführen und auf den steigenden Anfall an heimischen Asbestabfällen. Das Importverbot seit 2007 hat einen sehr großen Einfluss auf die Masse, die seitdem stark gefallen ist.<sup>85</sup>

<sup>84</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 83

<sup>85</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 83

Dies ist in folgender Abbildung 14 grafisch dargestellt:

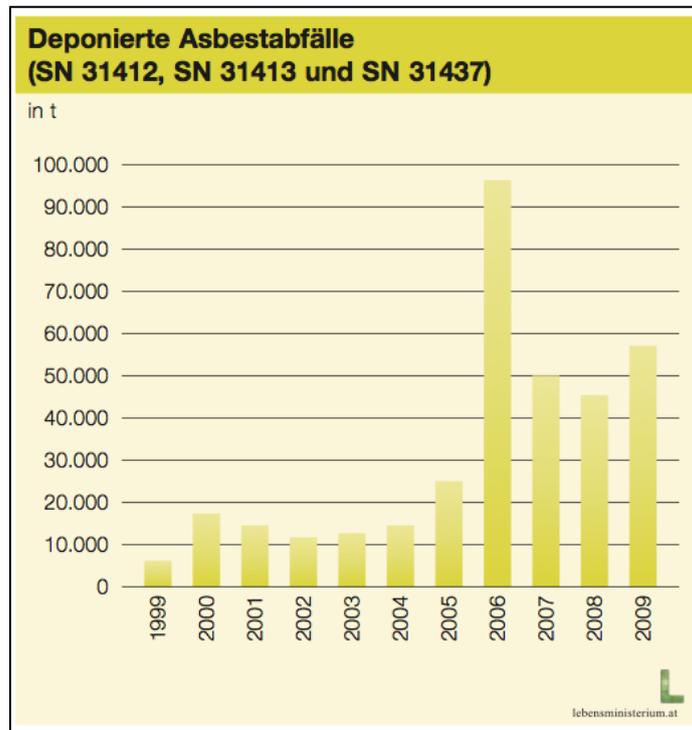


Abbildung 14: Deponierte Asbestabfälle<sup>86</sup>

<sup>86</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S. 83

## 2.6 Weitere Grundlagen

In diesem Subkapitel werden weitere Grundlagen behandelt, die Einfluss auf die Thematik der Lebenszykluskosten haben. Hierbei handelt es sich um verschiedene Rahmenbedingungen, Bestimmungen und Begriffe, die derzeit geltend sind.

### 2.6.1 Nachhaltige Entwicklung

Nachhaltigkeit stammt aus der Forstwirtschaft und lässt sich sehr lange zurückverfolgen. Seit wenigen Jahren prägt dieser Begriff Wissenschaft und Wirtschaft. Seit der Ölkrise in den 70er Jahren wurde der Begriff auch in die Umweltpolitik integriert. Hierbei ist die Diskussion über die Verfügbarkeit von natürlichen Ressourcen entstanden. Der Bericht „Our common future“ der Brundlandkommission der Vereinten Nationen wird hierfür als Diskussionsgrundlage herangezogen.<sup>87</sup>

Hier wird der Begriff der nachhaltigen Entwicklung wie folgt definiert:

*„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“<sup>88</sup>*

### 2.6.2 Ökologische Nachhaltigkeit

Ziel der ökologischen Nachhaltigkeit ist es, die negativen Umweltauswirkungen menschlicher Aktivitäten zu minimieren. Dies soll langfristig passieren. Hierbei stehen die Parameter Schutz der menschlichen Gesundheit, Schutz des Ökosystems und Schutz der Ressourcen im Vordergrund. Ein ausgewogener Einsatz von erneuerbarer, nicht erneuerbarer Energie und unerschöpflicher Rohstoffe soll beim Schutz der Ressourcen angedacht werden. Die Auswirkungen auf die Umwelt sollen im lokalen, regionalen und globalen Kontext betrachtet werden.<sup>89</sup>

---

<sup>87</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbauplastik, Graz, 2005; S. 3

<sup>88</sup> Quelle: <http://www.un-documents.net/ocf-07.htm#I>; Download: 23.08.2011

<sup>89</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbauplastik, Graz, 2005; S. 3

### **2.6.3 Inhalt der 15a-Vereinbarung zum Klimaschutz**

Diese Vereinbarung ist ein Staatsvertrag zwischen dem Bund und den neun Bundesländern. Ziel ist es sein, die Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen im Rahmen der Wohnbauförderung zu minimieren. Hier werden die Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Bereich von Wohngebäuden begünstigt. Durch den Einsatz von ökologisch unbedenklichen, ökologisch verträglichen bzw. ökologisch vorteilhaften Baustoffen sollen diese Rahmenbedingungen erreicht werden.<sup>90</sup>

### **2.6.4 Umweltdeklarationen von Bauprodukten**

Im Bereich „Sustainability in Building Construction“ laufen seit einigen Jahren Initiativen, um Normen der Umweltdeklarationen von Baustoffen zu erarbeiten. Ziel ist es, Regeln für die Deklaration von Bauprodukten, Baustoffen und Bauteilen darzustellen und festzulegen. Diese Deklarationen sollen aus Einzel-Deklarationen von Baustoffen bestehen, die Gesamtdeklarationen von Bauteilen und Gebäuden ergeben.<sup>91</sup>

---

<sup>90</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005; S. 3

<sup>91</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005; S. 3

### 3 Materialzusammensetzung von Gebäuden

Das folgende Kapitel gibt Auskunft über die Materialzusammensetzungen von modernen Gebäuden. Es wird die Veränderung der Materialzusammensetzung von Gebäuden aus dem Jahr 1880 und zum heutigen Zeitpunkt behandeln. Dies soll die Veränderungen in der Materialwahl über mehr als 100 Jahre darstellen. Der Betrachtungszeitraum wird in drei Perioden eingeteilt. Die Erste umfasst Bauwerke bis 1945. Die zweite Periode betrachtet Bauwerke von 1945 bis 1980 und im Zeitraum von 1980 bis 2011 werden Objekte der dritten Periode behandelt. Diese drei Perioden werden in den nachfolgenden Unterkapiteln genauer dargestellt.

#### 3.1 Bauperiode bis 1945

Diese Bauperiode umfasst Gebäude die vor dem Jahr 1945 errichtet wurden. Charakteristisch für diese Gebäude ist ein hoher Anteil an Naturstein, was vor allem im ländlichen Bereich vorkommt. Die restliche, tragende Gebäudestruktur wurde mit Backsteinziegeln gefertigt. Die Deckenbefüllungen dieser Gebäude sind problematisch, da sie meistens aus Schlacke bestehen.<sup>92</sup>

In der folgenden Tabelle 12 wird die Materialzusammensetzung von vier Wohnobjekten, welche in Massivbauweise ausgeführt waren, genauer erläutert. Hierbei handelt es sich um Bauwerke, die in Leoben, Öhling, Stöckerau und Rohrbau situiert sind. Der Wohnbau in Leoben wurde im Jahr 1880 erbaut, das Objekt in Öhling im Jahr 1890, das Bauwerk in Stockerau 1895 und das Objekt in Rohrbach im Jahr 1920. Diese vier Wohngebäude geben aufgrund der gleichen Nutzung gute Beispiele für die Materialzusammensetzung dieser Bauperiode.

---

<sup>92</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 12

	LEOBEN - STMK		ÖHLING - NÖ	
	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL
ZEMENTGEBUNDENE BAUSTOFFE	846.502,00 kg	34,9%	157.758 kg	24,5%
KERAMISCHE BAUSTOFFE	749.380,00 kg	30,9%	325.428 kg	50,6%
NATUR- & KUNSTSTEIN	601.993,00 kg	24,8%	36.192 kg	5,6%
KALKGEBUNDENE BAUSTOFFE	128.498,00 kg	5,3%	58.256 kg	9,1%
HOLZ- & HOLZWERKSTOFFE	76.068,00 kg	3,1%	56.384 kg	8,8%
GIPSGEBUNDENE BAUSTOFFE	11.693,00 kg	0,5%	2.698 kg	0,4%
METALLE	3.582,00 kg	0,1%	1.274 kg	0,2%
NATÜRLICHE MINERALFASERN	3.376,00 kg	0,1%	1.961 kg	0,3%
KUNSTSTOFFE	1.520,00 kg	0,1%	1.099 kg	0,2%
GLAS	871,00 kg	0,0%	828 kg	0,1%
KÜNSTLICHE MINERALFASERN	283,00 kg	0,0%	44 kg	0,0%
ASPHALT - BITUMEN	120,00 kg	0,0%	1.396 kg	0,2%
NACHWACHSENDE BAUSTOFFE (nicht Holz)	89,00 kg	0,0%	39 kg	0,0%
<b>GESAMT</b>	<b>2.423.975,00 kg</b>	<b>-</b>	<b>643.357 kg</b>	<b>-</b>

	STOCKERAU - NÖ		ROHRBACH - OÖ	
	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL
ZEMENTGEBUNDENE BAUSTOFFE	161.829 kg	29,1%	113.075 kg	12,9%
KERAMISCHE BAUSTOFFE	293.735 kg	52,9%	181.999 kg	20,8%
NATUR- & KUNSTSTEIN	12.285 kg	2,2%	506.184 kg	57,9%
KALKGEBUNDENE BAUSTOFFE	53.285 kg	9,6%	35.815 kg	4,1%
HOLZ- & HOLZWERKSTOFFE	26.622 kg	4,8%	33.701 kg	3,9%
GIPSGEBUNDENE BAUSTOFFE	3.464 kg	0,6%	2.418 kg	0,3%
METALLE	1.306 kg	0,2%	331 kg	0,0%
NATÜRLICHE MINERALFASERN	405 kg	0,1%	31 kg	0,0%
KUNSTSTOFFE	263 kg	0,0%	692 kg	0,1%
GLAS	1.120 kg	0,2%	135 kg	0,0%
KÜNSTLICHE MINERALFASERN	225 kg	0,0%	56 kg	0,0%
ASPHALT - BITUMEN	605 kg	0,1%	118 kg	0,0%
NACHWACHSENDE BAUSTOFFE (nicht Holz)	48 kg	0,0%	62 kg	0,0%
<b>GESAMT</b>	<b>555.192 kg</b>	<b>-</b>	<b>874.617 kg</b>	<b>-</b>

Tabelle 12: Materialzusammensetzung Bauperiode bis 1945<sup>93</sup>

Für die grafische Darstellung der maßgeblichen Werte aus Tabelle 12 sorgt die nachfolgende Abbildung 15.

<sup>93</sup> Daxbeck, H.; u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU. (Projekt EnBa); European Commission. Life+. Thematic Programme: Life+ Environment, LIFE07 ENV/A/000004, Wien, 2009

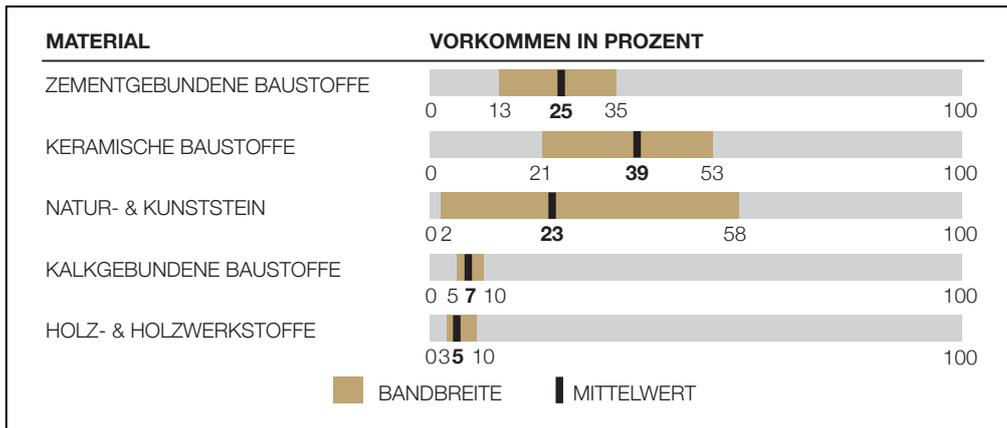


Abbildung 15: Zusammenfassung der Zusammensetzung der Bauperiode bis 1945

### 3.2 Bauperiode von 1945 bis 1980

Diese Bauperiode umfasst Gebäude die in der Zeit von 1945 bis 1980 errichtet worden sind. In dieser Periode nimmt die Verwendung des Baustoffs Beton stark zu. Dies geht soweit, dass Beton der mengenmäßig bedeutendste Baustoff ist in den 60er und 70er Jahren. Die Verwendung von Holz nimmt immer mehr ab. Der Einsatz von Naturstein nimmt sogar rapide ab. Die Verwendung von Kunststoffen und Metallen steigt innerhalb dieser Zeitperiode. Nicht zuletzt beispielsweise durch die Verwendung von Bewehrungsstahl. Damit einhergehend finden viele Schadstoffe Einzug in die Gebäude. Durch die Vorteile in der Anwendung wurden z.B. Holzschutzmittel, Weichmacher, Stabilisierungsmittel und Flammschutzmittel verwendet. Die problematischen Nachwirkungen dieser Mittel waren nicht bekannt. Sie wurden durch organische Schadstoffe wie beispielsweise PCB, PCDF, Furane, Terpentine hervorgerufen. Der bekannteste schädliche Baustoff aus dieser Periode ist Asbest. Bei Umbauten oder Renovierungen von Bauobjekten aus dieser Zeitspanne muss auf Vorkommen von Asbest geachtet werden. Sollte Asbest in der Baumasse vorkommen, ist für den sachgerechten Ausbau und Entsorgung zu sorgen. Dies muss zum Schutz vor gesundheitlichen Nachwirkungen für Bauarbeiter, Bewohner und Angestellte der Aufbereitungsanlagen geschehen.<sup>94</sup>

<sup>94</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 12

In der Tabelle 13 werden zwei Bauobjekte in Massivbauweise aus dieser Periode genauer betrachtet. Der Wohnbau Wien wurde im Jahr 1970 erbaut. Das Bauwerk der Studie im Jahr 1972, in der Bundes Republik Deutschland errichtet. Hierbei handelt es sich um Wohnbauten, die aufgrund ihres Errichtungszeitraums ähnliche Aufbauten und Spezifikationen haben.

	WIEN - W		STUDIE BILITEWSKI - BRD	
	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL
ZEMENTGEBUNDENE BAUSTOFFE	2.347.612 kg	68,4%	1.363.638 kg	46,1%
KERAMISCHE BAUSTOFFE	715.483 kg	20,8%	1.017.256 kg	34,4%
NATUR- & KUNSTSTEIN	80.195 kg	2,3%	88.740 kg	3,0%
KALKGEBUNDENE BAUSTOFFE	200.613 kg	5,8%	120.095 kg	4,1%
HOLZ- & HOLZWERKSTOFFE	41.453 kg	1,2%	291.067 kg	9,8%
GIPSGEBUNDENE BAUSTOFFE	2.466 kg	0,1%	3.254 kg	0,1%
METALLE	12.203 kg	0,4%	45.257 kg	1,5%
NATÜRLICHE MINERALFASERN	10.991 kg	0,3%	10.057 kg	0,3%
KUNSTSTOFFE	7.908 kg	0,2%	6.508 kg	0,2%
GLAS	7.912 kg	0,2%	7.395 kg	0,3%
KÜNSTLICHE MINERALFASERN	5.285 kg	0,2%	2.958 kg	0,1%
ASPHALT - BITUMEN	1.080 kg	0,0%	1.183 kg	0,0%
NACHWACHSENDE BAUSTOFFE (nicht Holz)	- kg	0,0%	592 kg	0,0%
<b>GESAMT</b>	<b>3.433.201,00 kg</b>	<b>100%</b>	<b>2.958.000 kg</b>	<b>100%</b>

Tabelle 13: Materialzusammensetzung Bauperiode 1945 bis 1980<sup>95</sup>

In der folgenden Abbildung 16 sind die Bandbreiten der Zusammensetzungen von Bauobjekten aus der Periode von 1945 bis 1980 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die zementgebundenen Baustoffe den prozentuell größten Anteil ausmachen. Dies hat mit dem immer stärker einsetzen von Beton und Stahlbeton zu tun.

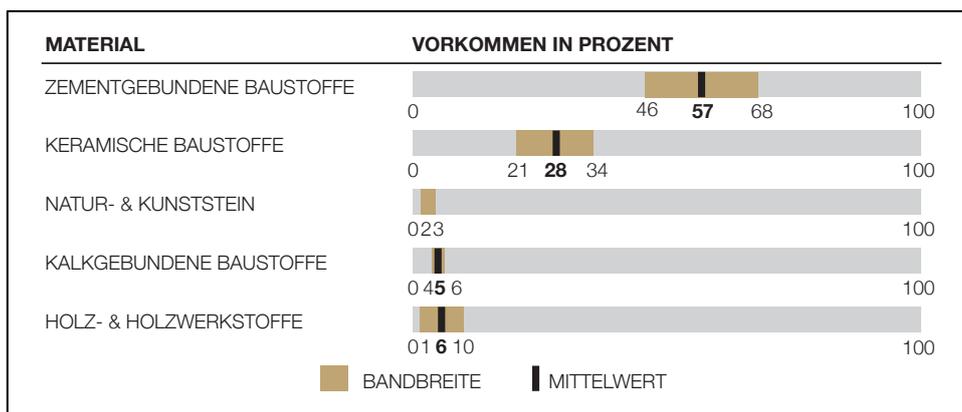


Abbildung 16: Zusammenfassung der Zusammensetzung der Bauperiode 1945 bis 1980

<sup>95</sup> Daxbeck, H.; u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU. (Projekt EnBa); European Commission. Life+. Thematic Programme: Life+ Environment, LIFE07 ENV/A/000004, Wien, 2009

### 3.3 Bauperiode ab 1980

In diese Periode fallen Objekte die ab dem Jahr 1980 errichtet worden sind. In dieser Periode haben die zementgebundenen Baustoffe und keramische Baustoffe den mengenmäßig größten Anteil. Welche dieser beiden Materialgruppen den größten Mengenanteil hat ist abhängig von der Bauweise des Objektes. Bei konventionellen Massivbauten, wie es das 1980 errichtete Bauwerk in Öhling ist, ist der keramische Anteil der höchste.

In dieser Periode ist der Einsatz von neuen alternativen Baustoffen zu beobachten. Die Bauobjekte werden aufgrund von Leichtbausystemen und anderen neuen Materialien leichter. Bauwerke in dieser Periode haben ein spezifisches Gewicht von circa 1,5 Tonnen pro Quadratmeter Nutzfläche. Dies ist um ein vielfaches leichter als Objekte der ersten Periode.

Die Materialwahl bei modernen Bauprojekten richtet sich schon sehr oft nach der guten recycelbarkeit. Hierbei werden die Recyclingeigenschaften von Materialien bereits in der Planungsphase bedacht. Ein weiterer Aspekt wurde auch die Lebensdauer von Bauteilen und Materialien. Ein Beispiel für diese Entwicklung ist die Alterung von Holzlattungen und Vorsatzschalen die sich freien befinden, hier gehört die Alterung und Abwitterung der Materialien oft zum Konzept des Gebäudes.

In der letzten Periode wurden auch die Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser entwickelt. Diese Entwicklungen haben sich bis zum Jahr 2011 komplett zum Standard für viele Bauprojekte entwickelt. Durch diese Entwicklung haben sich viele neue Wandkonstruktionen entwickelt. Der Einsatz von Wärmedämmverbundsystemen ist bei Massivbauten nahezu unerlässlich. Sie bewirken trotz ihrer größeren Abmessungen geringere Massen, da ein Großteil der Konstruktion aus Wärmedämmplatten besteht.

In der Tabelle 14 sind exemplarisch zwei Objekte dieser Periode gegenübergestellt. Beim IBO-Modell-Einfamilienhaus handelt es sich um eine Annahme des österreichischen Institutes für Baubiologie und –Ökologie in Passivhausbauweise. Bei dem Bauwerk in Öhling handelt es sich um einen Wohnbau der im Jahr 1980 errichtet wurde.

	IBO - MODELL - MASSIV		ÖHLING - NÖ	
	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL	MASSE	PROZENTUELLER ANTEIL
ZEMENTGEBUNDENE BAUSTOFFE	180.120 kg	49,9%	744.862 kg	24,5%
KERAMISCHE BAUSTOFFE	49.139 kg	13,6%	183.956 kg	50,6%
NATUR- & KUNSTSTEIN	32.085 kg	8,9%	842 kg	5,6%
KALKGEBUNDENE BAUSTOFFE	82.829 kg	22,9%	38.182 kg	9,1%
HOLZ- & HOLZWERKSTOFFE	1.307 kg	0,4%	15.027 kg	8,8%
GIPSGEBUNDENE BAUSTOFFE	1.563 kg	0,4%	392 kg	0,4%
METALLE	6.755 kg	1,9%	11.607 kg	0,2%
NATÜRLICHE MINERALFASERN	- kg	-	1.702 kg	0,3%
KUNSTSTOFFE	6.107 kg	1,7%	639 kg	0,2%
GLAS	420 kg	0,1%	843 kg	0,1%
KÜNSTLICHE MINERALFASERN	228 kg	0,1%	36 kg	0,0%
ASPHALT - BITUMEN	679 kg	0,2%	1.009 kg	0,2%
NACHWACHSENDE BAUSTOFFE (nicht Holz)	12 kg	0,0%	113 kg	0,0%
<b>GESAMT</b>	<b>361.244 kg</b>	<b>100%</b>	<b>999.210</b>	<b>100%</b>

Tabelle 14: Materialzusammensetzung Bauperiode ab 1980<sup>96</sup>

In der Abbildung 17 wird die Zusammensetzung der Objekte aus der Periode ab dem Jahr 1980 grafisch dargestellt. In der Abbildung ist ersichtlich, dass die zementgebundenen Baustoffe und keramische Baustoffe die mengenmäßig größten Anteile halten.

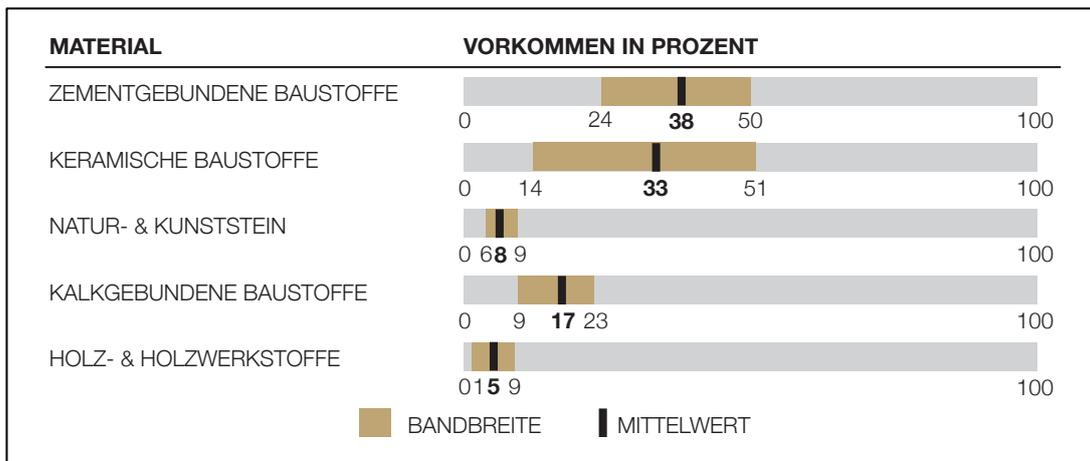


Abbildung 17: Zusammenfassung der Zusammensetzung der Bauperiode ab 1980

<sup>96</sup> Daxbeck, H.; u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU. (Projekt EnBa); European Commission. Life+ Thematic Programme: Life+ Environment, LIFE07 ENV/A/000004, Wien, 2009 sowie Verweis auf: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009

### 3.4 Veränderung der Zusammensetzung von 1900 bis 2010

Durchschnittliche Wohngebäude werden in der Regel circa 80 bis 100 Jahre genutzt bevor sie saniert oder abgebrochen werden. In diesem Zeitraum verändern sich viele Parameter in den Bereichen Leben, Bauen und Wohnen. Ein Bauwerk, dass in der ersten Periode errichtet wurde hat in der Regel einen sehr großen Anteil an Natur & Kunststein. Dies hat sich im Laufe der folgenden beiden Perioden sehr stark verändert, da der Einsatz von zementgebundenen Baustoffen stark angestiegen ist. Durch den verminderten Einsatz von Baustoffen aus Naturstein und einem erhöhten Einsatz von zementgebundenen Baustoffen ist die Masse von Bauwerken über den Zeitraum der drei Perioden gesunken. Dies hat den Hintergrund, dass in den 70er Jahren die Innenwände mit Hochlochziegeln gemauert wurden, derzeit ist es die Regel, dass Innenausbauten in Gipskartonbauweise durchgeführt werden. Des Weiteren sind die Wände seit dem Jahr 1900 immer dünner geworden, der letzte Trend der Wärmedämmverbundsysteme lässt die Außenmauern dicker werden. Aber das Gewicht steigt aufgrund des niedrigen spezifischen Gewichts nur gering an, da ein Großteil des Wandsystems aus modernen Wärmedämmverbundsystemen besteht.<sup>97</sup>

Bauwerke aus der ersten Periode können mit einem Massewert von 2,4 Tonnen pro Quadratmeter Nutzfläche berechnet werden, im Laufe der Jahre hat sich dieser Wert auf 1,5 To/m<sup>2</sup> NF vermindert.<sup>98</sup>

Holzbauten wurden in dieser Auswertung nicht betrachtet, aus diesem Grund ist der Anteil an Holz- und Holzwerkstoffen mit einem Durchschnitt von circa 5 Prozent über alle drei Perioden eher gering.

Die Materialanteile der drei Perioden wurden in der Abbildung 18 zusammengefasst und veranschaulicht. Diese sind aber nur mit Vorsicht zu bewerten, da es sich bei den Gebäudetypen nicht nur um Einfamilienhäuser handelt.

---

<sup>97</sup> Car, M.: Fachinterview, Wien, 23.07.2011

<sup>98</sup> Daxbeck, H.; u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU. (Projekt EnBa); European Commission. Life+. Thematic Programme: Life+ Environment, LIFE07 ENV/A/000004, Wien, 2009, S. 15

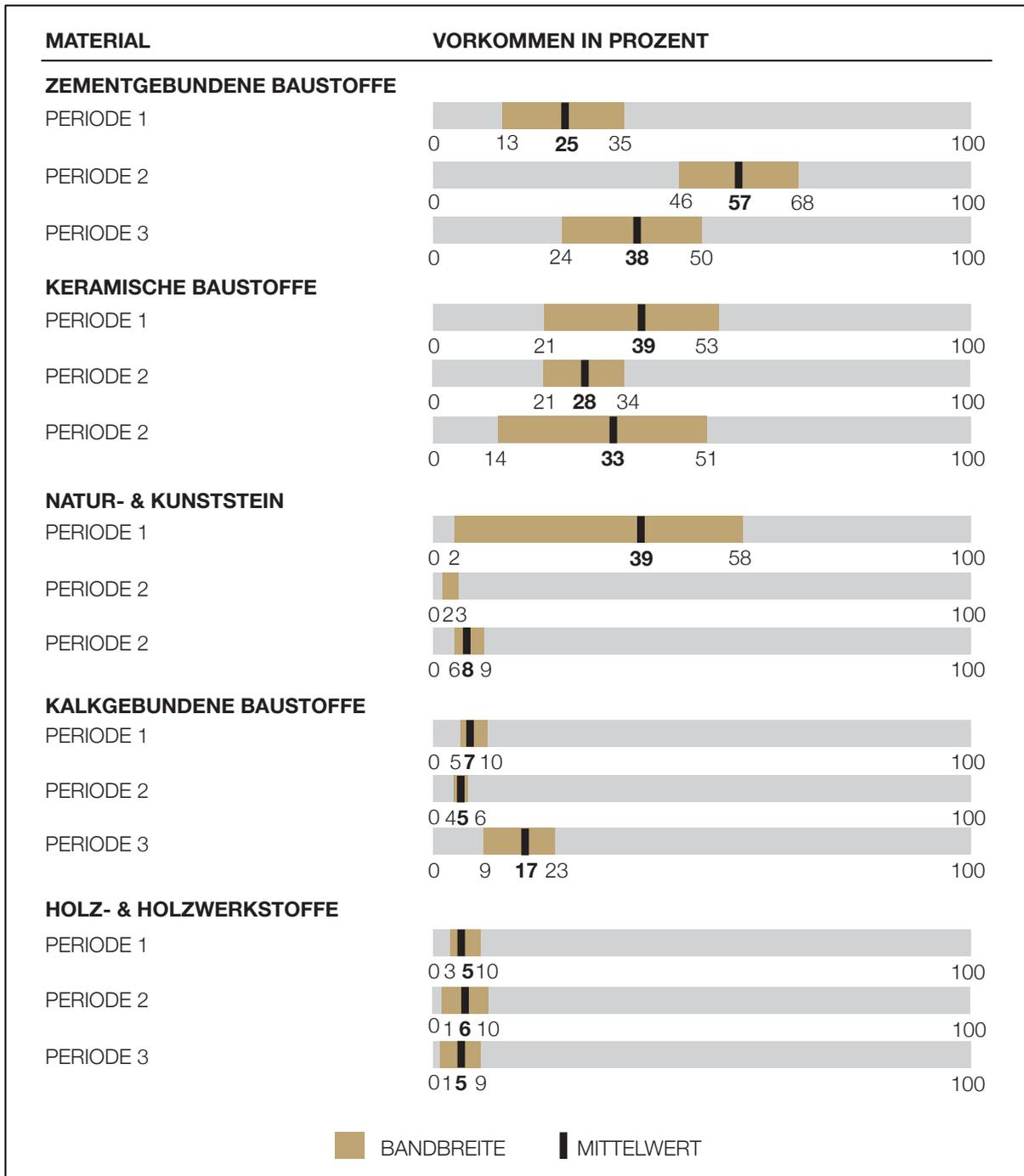


Abbildung 18: Veränderung der Stoffzusammensetzung von 1900 bis 2011

## 4 Abbruch- und Entsorgungsprozess

Dieser Abschnitt widmet sich dem Prozess des Abbruchs von Gebäuden. Hierbei soll der Prozess dargestellt werden und der danach folgende Materialfluss. Zu Beginn wird ein Einblick in den Abbruch- und Entsorgungsprozess gegeben. In den darauffolgenden Abschnitten, wird der Prozess in den fünf Hauptschritten

1. Selektive Entkernung
2. Abbruch
3. Sortierung auf der Baustelle
4. Bauschuttzubereitung
5. Endprozess

genauer analysiert und erläutert.

Einleitend zu diesem Kapitel sollen die Prozessschritte vor einem Rückbauprozess erläutert werden. Bauherren stehen in der Pflicht, den Abbruch regelkonform und korrekt durchzuführen. Sollte dies nicht der Fall sein, muss der Bauherr durch das Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) mit einer Verwaltungsstrafe rechnen. Die Gefahr für den Bauherrn besteht auch darin, Kosten falsch zu kalkulieren. Bei komplexen oder durch Schadstoffe belasteten Abbrüchen ist es sinnvoll, ein Abbruchkonzept von einem Sachverständigen anfertigen zu lassen.

In der Abbildung 19 werden die Schritte vor dem tatsächlichen Abbruchverfahren grafisch erläutert.

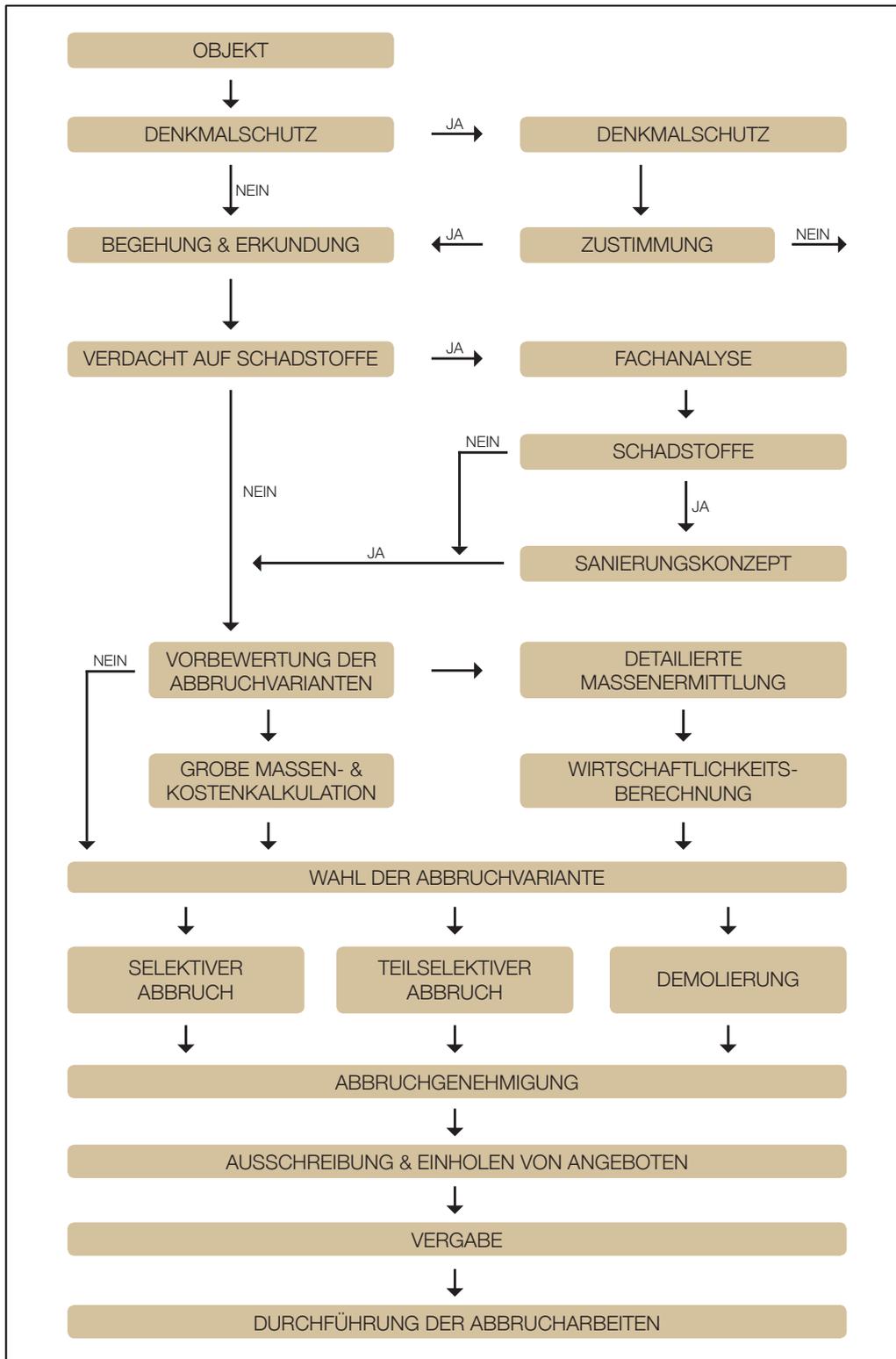


Abbildung 19: Schematischer Tätigkeitsablauf vor dem Rückbau<sup>99</sup>

<sup>99</sup> Anlehnung an: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 15

## 4.1 Übersicht Abbruch- und Entsorgungsprozess

In diesem Abschnitt werden die Komponenten des Abbruch- und Entsorgungsprozess definiert und erläutert. Zu Beginn wird der gesamte Prozess beschrieben und in den darauffolgenden Punkten erläutert.

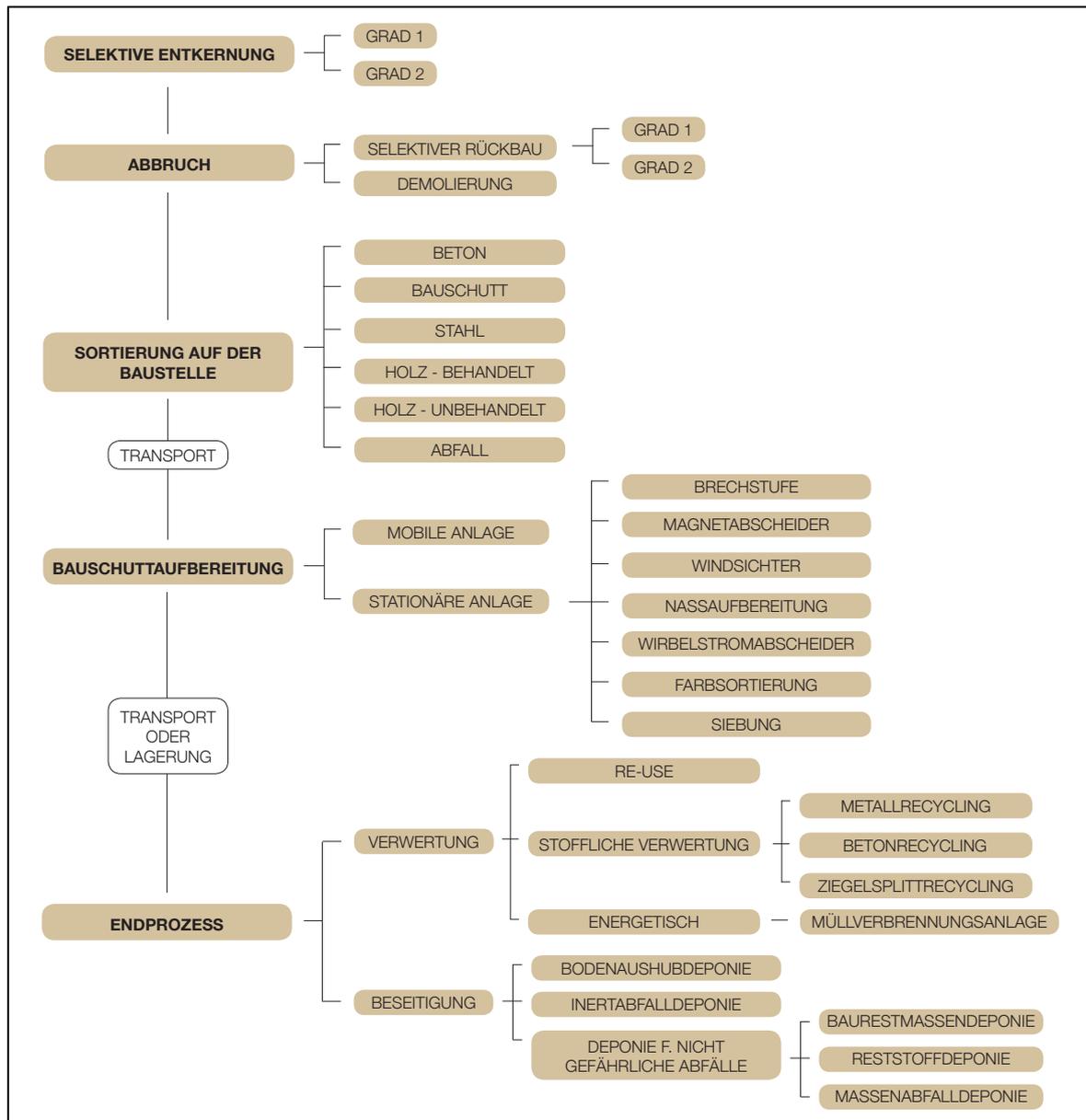


Abbildung 20: Gebäudeabbruchprozess mit Sub-Prozessen<sup>100</sup>

<sup>100</sup> Weiterentwickelt aus: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 17 und Walther G.: Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke – Überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus, Gabler Verlag/Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2010, S. 213 (Im Anhang ganzseitig dargestellt)

Wie in der Abbildung 20 dargestellt wird, bestehen Gebäudeabbrüche aus Prozesskomponenten, die wiederum Hauptprozesse und Sub-Prozesse sind. In diese Abläufe können verschiedenen Szenarien eingebaut werden. Eine grafische Übersicht findet sich in der.

Der Prozess besteht aus fünf Hauptprozessschritten die in weitere Sub-Prozesse eingeteilt werden. Bei diesen fünf Schritten handelt es sich um Prozesskomponenten, die bei jedem Abbruch vorkommen. Die weiteren Untergliederungen bei den Prozessschritten können je nach Erfordernis gewählt werden. Die Wahl der Sub-Prozesse hat Auswirkungen auf spätere Sub-Prozesse, wie zum Beispiel die Wahl des selektiven Abbruchs oder Demolierung. Hierbei ist die Trennungsgenauigkeit die größte Variable die Einfluss auf die Sortierung auf der Baustelle, bis hin zur Recyclingfähigkeit hat. Somit kann man den Rückschluss ziehen, dass jede Beeinflussung und Veränderung in einer vorangegangenen Prozessstufe, Auswirkungen auf den Gesamtprozess und das daraus resultierende Ergebnis hat. In der Abbildung 21 wird als Abbruchvariante die Demolierung gewählt, an diesem Beispiel soll die Abhängigkeit der darauffolgenden Prozessschritte veranschaulicht werden.

In der Abbildung 21 ist ersichtlich welche Auswirkung die Wahl der Demolierung hat. Die ersten gravierenden Einschnitte in die Trennungsmöglichkeiten der anfallenden Restmassen entstehen bei der Sortierung auf der Baustelle. Hier kann nur mehr sehr schwierig zwischen Ziegelschutt und Betonabbruch unterschieden werden. Bei der Wahl der Anlage der Bauschutttaufbereitung kann die mobile Anlage nicht mehr gewählt werden, da für diese Anlage eine gründliche Vorsortierung der Restmassen von Nöten ist. Aufgrund der unreinen Restmengen fällt die Recyclingmöglichkeit auch sehr gering aus, da nur mehr große Elemente aus den anfallenden Massen aussortiert werden können. Aufgrund der Unreinheit, dürfen die anderen Restmassen nur mehr der Reststoffmassendeponie zugeführt werden. Wenn man die Kosten betrachtet, ist diese Variante beim Abbruch des Objektes günstiger, als kontrollierte Rückbauten. Jedoch fallen für die Mehrmengen auf der Baurestmassendeponie höhere Kosten an. Durch die gesunkene Recyclingfähigkeit fällt der Ertrag durch den Verkauf von Recyclingmassen geringer aus.

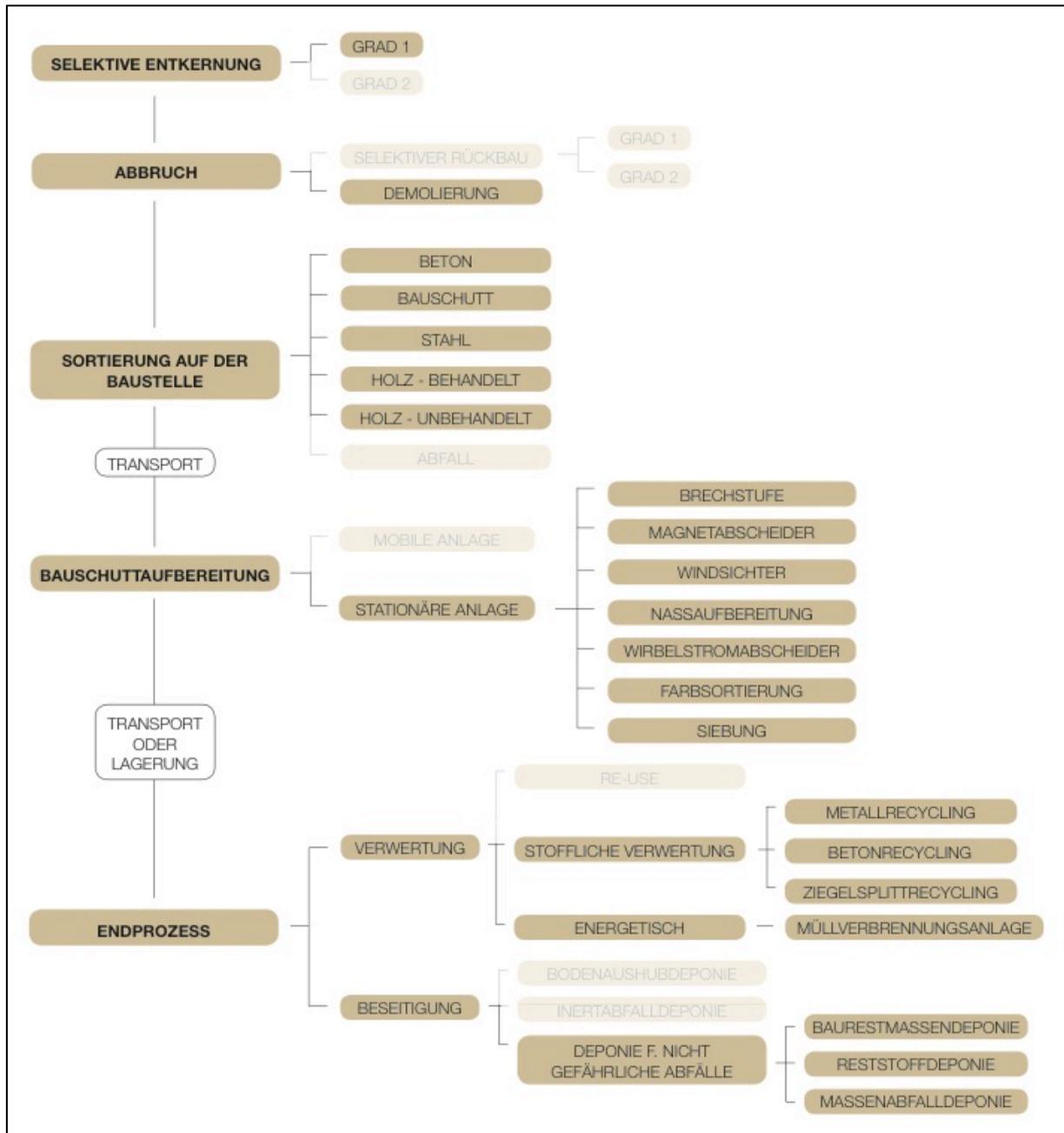


Abbildung 21: Abbruchprozess bei Demolierung

Im Gegensatz dazu wird in Abbildung 22 das andere Extrem dargestellt. Hierbei handelt es sich um einen kontrollierten Rückbau, bei dem die höchsten Genauigkeitsstufen der selektiven Entkernung und selektiven Rückbau gewählt wurden. Dies hat den kostenseitigen Nachteil, dass bei den ersten beiden Hauptprozessschritten höhere Kosten anfallen. Jedoch hat man bei der Aufbereitung des Bauschutts und dem Recycling- und Entsorgungsprozess die größten Möglichkeiten die Restmassen entsprechend ihrer Stoffe zu trennen.

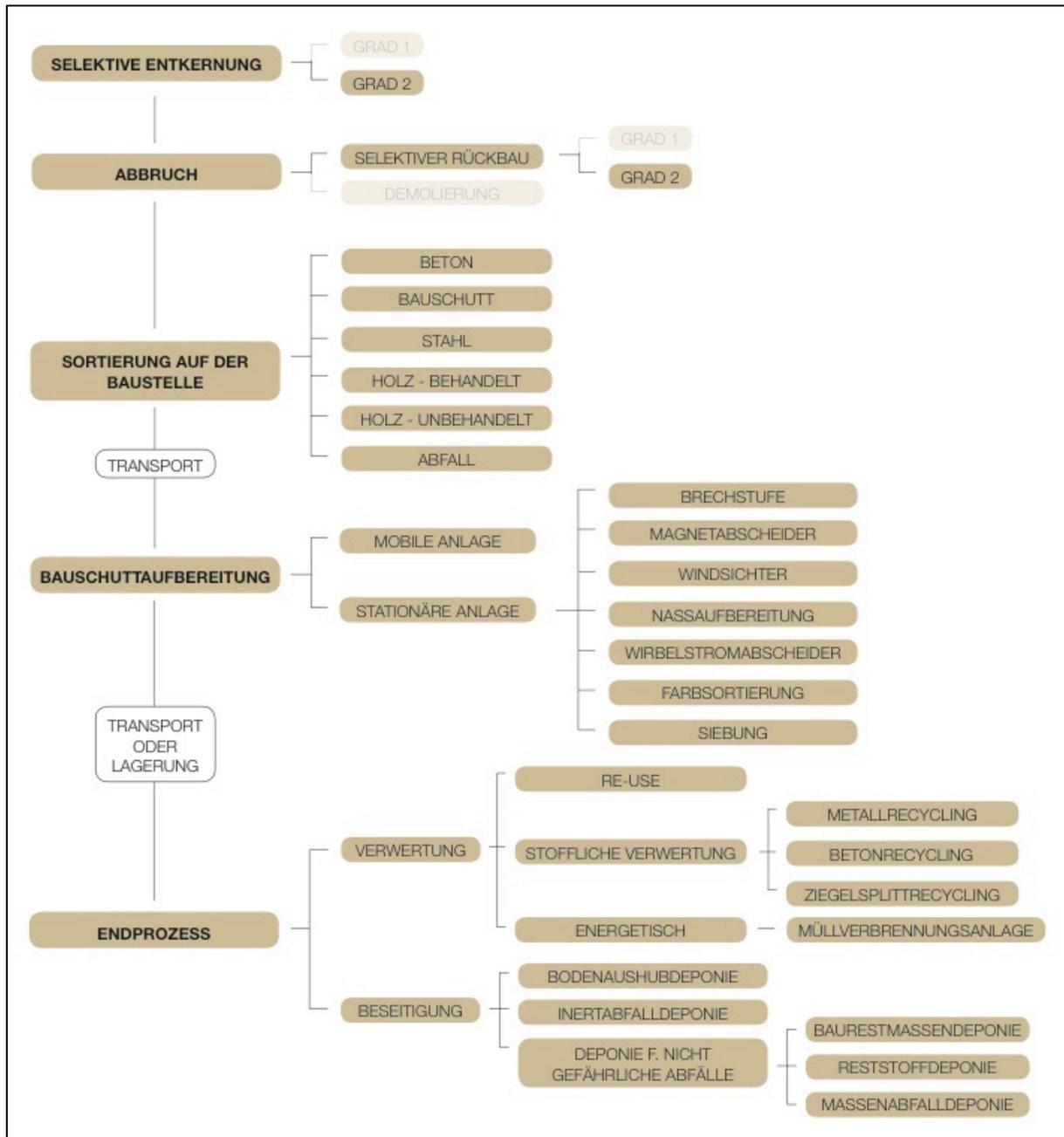


Abbildung 22: Abbruchprozess bei kontrolliertem Rückbau

## 4.2 Akteure im Prozess

In der folgenden Grafik, Abbildung 23, werden die wichtigsten Beteiligten am kompletten Prozess des gesamten Lebenszyklus dargestellt. Hierbei soll auf die Wichtigkeit der nachhaltigen Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern hingewiesen werden. In diesem System fallen für jeden Beteiligten Aufgaben an, um die optimalen und nachhaltigen Möglichkeiten voll auszunutzen.

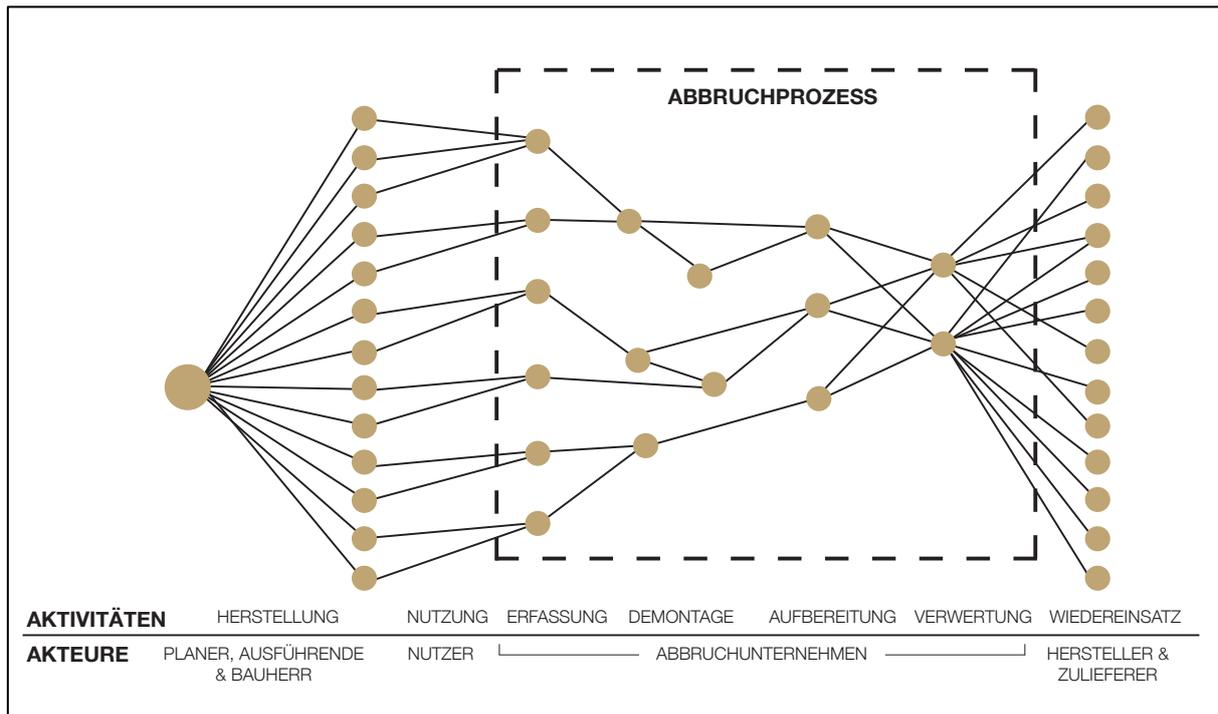


Abbildung 23: Akteure im Prozess<sup>101</sup>

In der Herstellungsphase ist es besonders wichtig, dass der Planer, die Ausführenden und der Bauherr bzw. die Investoren nicht nur temporäre Ertragsziele in den Mittelpunkt setzen. Hierbei muss der Prozess nach der Objektnutzung auch eine wichtige Rolle einnehmen. Dies ist wichtig, um den Abbruch kostenoptimiert und restmassenoptimiert durchführen zu können.

<sup>101</sup> Ableitung aus: Walther G.: Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke – Überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus, Gabler Verlag/Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2010, S. 214

### 4.3 Selektive Entkernung

Der selektive Rückbau erfolgt je nach zeitlichem Aufwand in verschiedenen Genauigkeitsstufen. Hier ist der wichtigste Faktor Zeit. Je intensiver die Entkernung betrieben wird, desto höhere Personalkosten fallen an. Der Zeitaufwand für ein Ein- oder Zweifamilienhaus beträgt zwischen drei und sieben Tage. Es werden in der Regel die leicht auszubauenden Gebäudeteile entfernt. Dies sind Türen, Dachabdeckungen, Fußbodenbeläge, Wandbekleidungen, Dichtanstriche oder verklebte Dämmschichten.<sup>102</sup>

In der Ö-NORM 2251 wird der Begriff der Entkernung wie folgt definiert:

*„Teilweises oder gänzlich Entfernen von tragenden oder nicht tragenden Bauteilen innerhalb der verbleibenden tragenden Umfassungsbauteile.“<sup>103</sup>*

Die Demontage wird auch zu der selektiven Entkernung gezählt. Hierbei werden Die Konstruktionsteile von ihren Verbindungen gelöst oder abgetrennt.<sup>104</sup>

Diese Definition besagt aber nichts über den Genauigkeitsgrad der Trennschärfe aus. Somit existiert hier ein großer Spielraum für Preisannahmen von Entkernungen. Um die Genauigkeit zu bestimmen werden zwei Genauigkeitsgrade eingeführt. Dies ist eine Annahme um den Prozessschritt besser kalkulieren zu können. Diese sind in der Abbildung 24 grafisch veranschaulicht sind.



Abbildung 24: Untergliederung der selektiven Entkernung

<sup>102</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 19

<sup>103</sup> Österreichisches Normungsinstitut: B 2251 Abbrucharbeiten-Werkvertragsnorm, Wien 2006; S. 6

<sup>104</sup> Vgl: Österreichisches Normungsinstitut: B 2251 Abbrucharbeiten-Werkvertragsnorm, Wien 2006; S. 5

Der erste Grad soll eine einfache Entkernung darstellen, wie es derzeit in der Branche üblich ist. Hierbei werden leicht auszubauende Baustoffe und Bauteile entfernt. In diese Kategorie fallen z.B. Türen und Fußbodenbeläge.<sup>105</sup>

Beim zweiten Grad wird der gesamte Innenausbau selektiv entfernt. Nach diesem Prozessschritt bleiben, vom rückzubauenden Objekt, nur mehr die tragende Gebäudesubstanz übrig. Somit ist der Arbeitsaufwand für diese Methode erheblich höher und folglich auch die Kosten. Vorteilhaft ist jedoch, dass eine höhere Reinheit der Materialfraktionen resultiert. Hierbei hat man die Möglichkeit, schadstoffhaltige Baumaterialien aus dem Stofffluss zu entfernen. Mit diesem Schritt erreicht man, neben der Umweltqualität der Recyclingbaustoffe, auch höhere Arbeitssicherheit.<sup>106</sup>

#### **4.4 Abbruch**

Abbruch ist der erste Prozessschritt des Abbruch- und Entsorgungsprozesses. In der *Ö-NORM B 2251 - Abbrucharbeiten* ist die Definition wie folgt erläutert:

*„Zerlegung von Bauteilen mit vorheriger Schadstoff-Entfrachtung dieser Bauteile unter Anwendung der nachstehenden Methoden [...]“<sup>107</sup>*

In Abbildung 20 ist ersichtlich, dass der Abbruch aus zwei Sub-Prozessen besteht. Die erste Möglichkeit bietet der selektive Rückbau, die Zweite ist die Demolierung. Diese beiden Varianten werden in den nächsten beiden Unterpunkten näher erläutert.

---

<sup>105</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 19

<sup>106</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 24

<sup>107</sup> Österreichisches Normungsinstitut: B 2251 Abbrucharbeiten-Werkvertragsnorm, Wien 2006; S. 6

#### 4.4.1 Selektiver Rückbau

Durch den Prozessschritt, der selektiven Entkernung, wird die verbleibende Objektsubstanz selektiv abgebrochen. Hierbei werden die Fraktionen getrennt abgetragen und auch getrennt voneinander gelagert. Bei diesem Schritt finden z.B. Betonscheren und Greifwerkzeuge ihre Anwendung, um eine mehr oder weniger hohe Genauigkeit zu erreichen.<sup>108</sup>

Um Stör- oder Schadstoffe aus dem Recyclingbaustoff einwandfrei zu entfernen ist es nötig das Gebäude selektiv abzubauen. Durch dieses Verfahren kann die Betonfraktion, die sehr wertvoll ist, aus den übrigen Fraktionen besser aussortiert werden. Je detaillierter der selektive Rückbau vollzogen wird, umso höhere Trennschärfen können erreicht werden.<sup>109</sup>

Aus diesem Grund wurden zwei Grade des selektiven Rückbaus eingeführt, um eine genauere Kalkulation der Kosten und Trennschärfen bestimmen zu können. Dies ist in der Abbildung ersichtlich gemacht.

Die Untergliederung des Prozessschrittes des selektiven Rückbaus ist in der Abbildung 25 dargestellt.

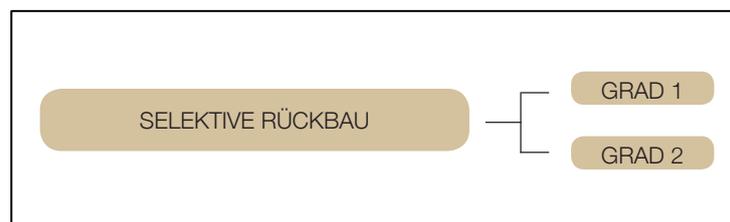


Abbildung 25: Untergliederung des selektiven Rückbaus

Der Grad eins des Prozesses geht von dem derzeitige Status Quo aus, wie er in der Praxis vollzogen wird. Hier werden Trennungsgenauigkeiten zwischen 80 und 90 Prozent erreicht. In der Tabelle 15 werden beispielhaft einige aufgelistet.

<sup>108</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 25

<sup>109</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 32

BAUMATERIAL	TRENNSCHÄRFE
BETON & BEWEHRUNGSSTAHL	80%
FANGKOPF	90%
STRUKTURHOLZ	90%
SCHLACKENBETON	80%

Tabelle 15: Beispielhafte Trennschärfen bei selektiven Abbrüchen<sup>110</sup>

Der zweite Grad des selektiven Rückbaus ist genauer und dadurch kostenintensiver als der Grad eins. Hier wird davon ausgegangen dass die Trennschärfe der Hauptfraktionen 100 Prozent ausmacht. Dieser Wert kann zwar bei Abbrucharbeiten sehr schwer erreicht werden, sollte aber die Unterschiede der verschiedenen Grade besser aufzeigen.

#### 4.4.2 Demolierung

Die Demolierung erfolgt nach der selektiven Entkernung. Hierbei werden alle verbleibenden tragenden und nicht tragenden Bauteile maschinell abgebrochen. Die Möglichkeiten dafür bilden das Abtragen und Schrämmen sowie Eindrücken und Einreißen. Die Trennung der Fraktionen erfolgt nur grob, dies betrifft Holzbalken und Stahlträger. Betonfraktionen werden getrennt abgetragen, um sie direkt der Aufbereitung zuführen zu können. Hier besteht die einzige Möglichkeit Reststoffe einer qualitativ hochwertigen Recyclingmethode zuzuführen.<sup>111</sup>

Demolierung wird laut *Ö-NORM B 2251 – Abbrucharbeiten* wie folgt definiert:

*„Abbruch ohne besondere Berücksichtigung der Trennung nach Stoffen.“<sup>112</sup>*

<sup>110</sup> Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 32

<sup>111</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 20

<sup>112</sup> Österreichisches Normungsinstitut: B 2251 Abbrucharbeiten-Werkvertragsnorm, Wien 2006; S. 5

## 4.5 Sortierung auf der Baustelle

Die Sortierung auf der Baustelle erfolgt in folgende Kategorien:

- Beton
- Bauschutt
- Stahl
- Holz – behandelt
- Holz – unbehandelt
- Abfall

Beim selektiven Rückbau werden die anfallenden Restmassen direkt in die dafür vorgesehenen Container eingebracht. Durch diesen Prozessschritt können sehr hohe Trenngenauigkeiten erreicht werden.<sup>113</sup> Bei dieser Variante fallen Störstoffe in den Baurestmassen in deutlich geringerem Ausmaß an, als bei der Demolierung.

Der Bauschutt, der bei der Demolierung anfällt, ist nicht sortenrein. Hier ist eine Nachsortierung notwendig. Bei dieser Sortierung können nur größere Störstoffe entfernt werden, die eine maschinelle Aufbereitung beeinträchtigen würden. Durch diese Sortierung kann keine erhebliche Verbesserung der Restmassen erreicht werden.<sup>114</sup>

## 4.6 Bauschutttaufbereitung

Die Möglichkeiten, wie man Bauschutt aufbereiten kann, sind Gegenstand dieses Unterkapitels. Es ist anzumerken, dass zwischen zwei verschiedenen Kategorien unterschieden wird. Die erste Kategorie bilden mobile Anlagen, die zweite bilden stationäre Aufbereitungsanlagen.

---

<sup>113</sup> Verweis auf: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 32

<sup>114</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 21

#### 4.6.1 Behandlungs- und Entsorgungsanlagen für Baurestmassen in Österreich

Behandlungs- und Entsorgungsanlagen befinden sich im gesamten österreichischen Raum. Im Jahr 2010 standen 2.156 Abfallverwertungs- und Beseitigungsanlagen in Betrieb. Tabelle 16 stellt die Arten und Anzahl der Anlagen dar.

ART DER ANLAGE (EINSCHLIESSLICH INNERBETRIEBLICHE ANLAGEN)	ANZAHL
Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle	11
Thermische Behandlungsanlagen (ohne Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle)	96
Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen	38
Ausgewählte Aufbereitungsanlagen für spezielle Abfälle (Altautos, Kunststoffe, Fette und Fritieröle, Chemikalien, Batterien, u. a.)	93
Anlagen zur Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten	40
Anlagen zur Behandlung von Metallabfällen (Shredder und Post- Shredder)	9
Aufbereitungsanlagen für Baurestmassen	375
Biotechnische Behandlungsanlagen zur Vorbehandlung von Restmüll und sonstigen Abfällen (MBA)	16
Anlagen zur aeroben biotechnischen Behandlung getrennt gesammelter biogener Abfälle, Grünabfälle u. a. (Kompostierungsanlagen)	442
Anlagen zur anaeroben biotechnischen Behandlung (Biogasanlagen)	133
Anlagen zur Sortierung und Aufbereitung getrennt erfasster Altstoffe und anderer Abfälle	189
Anlagen zur Verwertung getrennt erfasster Altstoffe	49
Deponien	665
Summe	2156

Tabelle 16: Anlagen zur Behandlung von Abfällen in Österreich im Jahr 2010<sup>115</sup>

#### 4.6.2 Baustoff-Recycling-Anlagen in der Steiermark

In der Steiermark gibt es 16 Standorte, an denen Recycling betrieben wird und die Mitglieder beim Bundes Recycling Verband (BRV) sind. Die angebotenen Leistungen reichen von Recycling von Asphalt, Beton und Ziegel bis hin zur Annahme von Baurestmassen jeglicher Art. Abbildung 26 zeigt die Lage der 16 Standorte.

<sup>115</sup> Quelle: (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011)

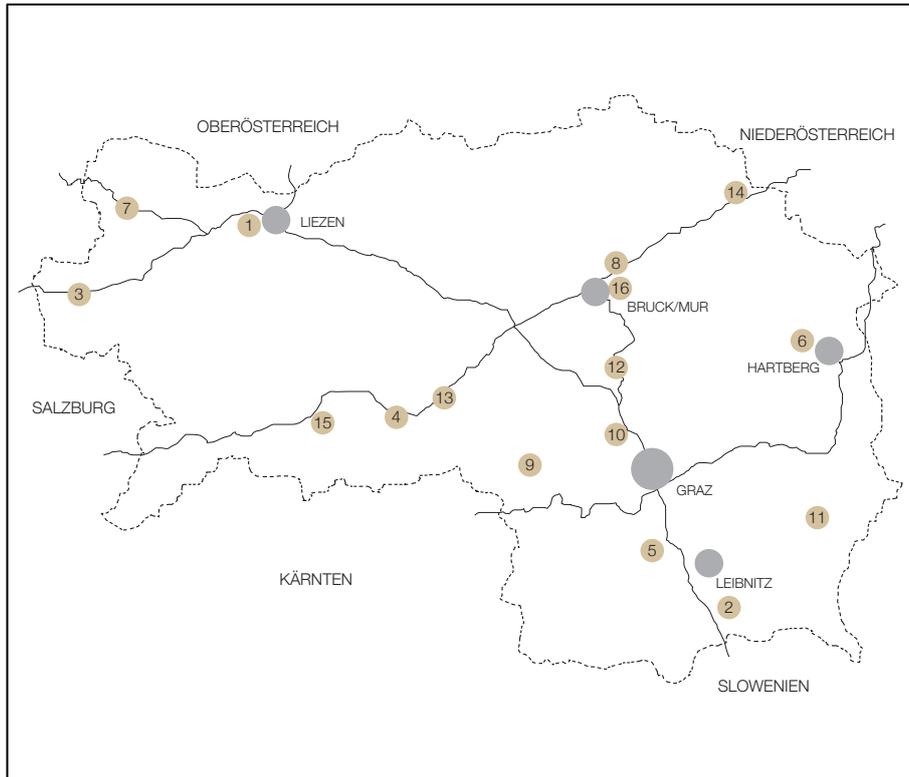


Abbildung 26: Standorte von Recyclinganlagen in der Steiermark (Mitglieder beim BRV)

Tabelle 17 gibt zusätzliche Informationen zu den in Abbildung 26 gezeigten, steirischen Recyclinganlagen hinsichtlich deren Typ und Betreibern.

NR	BETRIEB	STANDORT	TYP
1	AWV Abfallwirtschaftsverband Liezen	Liezen	mobil
2	BRS Bau- und Altstoffrecycling Süd Ges.m.b.H	St.Veit im Vogau	stationär
3	E.A.V Ennstaler Abbruch und Verwertungs Ges.m.b.H	Schladming	mobil
4	Leithäusl Ges.m.b.H - Filiale Judenburg	Feistritz	mobil
5	Saubermacher Dienstleistungs AG	Weitendorf	stationär
6	Stadtwerke Hartberg Abfallwirtschaftszentrum	Hartberg	stationär
7	Strabag AG	Kainisch	stationär
8	Strabag AG	Mürzhofen	mobil
9	Strabag AG	Köflach	mobil
10	Strabag AG	Gratkorn	mobil
11	Teerag Asdag AG	Feldbach	3 mobile Anlagen
12	Teerag Asdag AG	Frohnleiten	
13	Teerag Asdag AG	Knittelfeld	
14	Teerag Asdag AG	Mürzzuschlag	
15	Teerag Asdag AG	Scheifling	
16	Transbeton Lieferbeton Ges.m.b.H	Bruck	stationär

Tabelle 17: Recyclinganlagenverzeichnis in der Steiermark (Mitglieder beim BRV)<sup>116</sup>

<sup>116</sup> Quelle: Baustoffrecyclinganlagen in Österreich, 2010, S.14 & S.15

### 4.6.3 Mobile Anlagen

Mobile Aufbereitungsanlagen setzen sich aufgrund ökonomischer und logistischer Vorteile immer mehr durch. Sie bestehen in der Regel aus einer Zerkleinerungsstufe und einem Magnetband. Zuerst werden die eingebrachten Restmassen mit der Zerkleinerungsstufe zerstückelt und im Anschluss werden alle Metalle, mittels einem Magnetband, entfernt. Bei mobilen Bauschutt aufbereitungsanlagen kann mit einer Metallrückgewinnung von 95 Prozent gerechnet werden.<sup>117</sup>

### 4.6.4 Stationäre Anlagen

Stationäre Aufbereitungsanlagen gibt es in verschiedenen Ausführungen. Die Anlage kann, je nach Erfordernis, über Zusatzmodule verfügen. Je genauer die Trennung der Baurestmassen erfolgt ist, desto einfacher kann die Wahl der Anlage sein. In der Regel besteht die Aufbereitungsanlage aus einer Zerkleinerungsstufe, einer Siebung und einem Magnetabscheider. Wichtig ist in diesem Fall, dass die Fraktionen, die beim Abbruch gewonnen wurden, nicht miteinander vermischt werden. Wenn dies reibungslos funktioniert, können zwei mineralische Produkte gewonnen werden. Aus dem Beton kann hochwertiger Recycling-Beton und Hochbauabbruch gewonnen werden. Dieser Hochbauabbruch besteht aus Ziegelsplitt, Betonabbruch, Mörtel und Naturstein. Es kann eine Trennschärfe der FE-Metalle von 95 Prozent erreicht werden.<sup>118</sup>

Eine weitere Möglichkeit für eine stationäre Anlage, ist die Wahl von sechs Aufbereitungsstufen. In diesem Fall wird mittels Zerkleinerungsstufe der Bauschutt zerstückelt. Darauf folgend wird die Feinfraktion abgesiebt und mit dem Magnetabscheider FE-Metalle entfernt. Die Nasssortierung mit Setzbettverfahren schleust die Leichtfraktionen aus. Ein Wirbelstromabscheider gewinnt die NE-Metalle zurück. Am Ende trennt eine sensorgestützte Farbsortierung die Ziegelfraktion aus dem Bauschutt. Der Magnetabscheider erreicht eine Trennschärfe von 95 Prozent und die Nasssortierung mit Setzbettverfahren

---

<sup>117</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 22

<sup>118</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 26

erreicht eine Genauigkeit von 98 Prozent. Der Wirbelstromabscheider trennt 80 Prozent der NE-Metalle aus dem Bauschutt und die sensorgestützte Sortierung erreicht 80 Prozent.<sup>119</sup>

Schadstoffe verstecken sich vermehrt in der Feinfraktion. Dadurch wird mittels der Nasssortierung die Abscheidung der Schadstoffe versucht zu erreichen. Die maximale Trennschärfe von 57 Prozent wird bei Sulfat erreicht - Kupfer hingegen erreicht nur ein Maximum von 26 Prozent.<sup>120</sup>

#### **4.6.5 Anlagenelemente**

Stationäre und mobile Anlagen können verschiedene Sortierelemente aufweisen. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Elemente näher dargestellt.

##### **4.6.5.1 Dichtesortierung**

Bei der Dichtesortierung werden die verschiedenen Dichtegrade der Fraktionen ausgenutzt. Hierbei werden Feststoffe und ein Fluid gewählt, um eine Trennung möglich zu machen. Die Möglichkeiten der Dichtesortierung sind mittels Schwimm-Sink-Scheider, Sortierzentrifuge oder Sortierzyklon.

Beim Schwimm-Sink Verfahren werden die Feststoffe in eine ruhende oder schwach strömende Flüssigkeit eingebracht. Die Stoffe mit geringerer Dichte bleiben als Schwimmgut oben, die Stoffe mit höherer Dichte sinken ab.

Beim Setzprozess, auch Herdsortierung genannt, werden die Kornschichten durch einen aufwärtsgerichteten Wasser- oder Luftstrom durchlockert. Dieser Prozess findet auf einem schrägen Rütteltisch oder Stoßherd statt. Dadurch werden die Stoffe entsprechend ihrer Dichte sortiert, indem sie zu den jeweiligen Plattenenden wandern.

Bei der Stromsortierung, wird durch das unterschiedliche Sinkverhalten der Stoffe eine Trennung erreicht.<sup>121</sup>

---

<sup>119</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 29

<sup>120</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 29

<sup>121</sup> Vgl: Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, S.24

#### **4.6.5.2 Sortieren im Magnetfeld**

Bei der Magnetfeldsortierung werden die magnetisierbaren Restmassen herausgezogen. Diese Trennungsmethode findet in der Recyclingtechnik große Anwendung. Elektromagneten und Permanentmagneten finden bei Magnetabscheidern ihre Anwendung. Trockenmagnetabscheider erfordern trockenes, frei bewegliches und nicht klumpendes Material. Die Abscheidung kann mit einem Trommelmagnetabscheider, Wirbelstromscheider oder einem Überbandmagnetabscheider durchgeführt werden.<sup>122</sup>

#### **4.6.5.3 Sortieren im elektrischen Feld**

Das Aufgabegut wird mit elektrischer Ladung und unterschiedlich großer Polarität in Verbindung gebracht. Nach diesem Schritt wird in diesem Feld eine Sortierung durch Ablenken der Teilchen erreicht. Diese Trennung erfolgt aufgrund der verschiedenen hohen Leitfähigkeit der Stoffe. Die Ablenkung kann mittels der Coulomb-Kraft, Schwerkraft oder Zentrifugalkraft passieren.<sup>123</sup>

#### **4.6.5.4 Flotation**

Durch die Flotationsmethode kann man Teilchen mit einer Größe von etwa 50 bis 300 µm. Bei dieser Methode werden die Grenzflächeneigenschaften zur Trennung ausgenutzt. In wässrigen Flüssigkeiten können sich die Partikel nach der Hydrophobierung durch grenzflächenaktive Stoffe durch einblasen von Luft aufschwimmen. Dies erfolgt in der Bildung des Flotationsschaumes, der nach dem Vorgang abgeschöpft werden kann. Dieser Prozess wird in einer Flotationszelle durchgeführt.<sup>124</sup>

#### **4.6.5.5 Sortieren nach mechanischen Eigenschaften**

Beim Sortieren nach mechanischen Eigenschaften nutzt man die unterschiedlichen Teilchenformen von Körnern, Drähten, Blechstücken oder Folien aus. Hier ist der Siebbandabscheider eine häufig gewählte Methode um Folien abzutrennen. Es können z.B. auch die unterschiedlichen elastischen Eigenschaften zum Trennen der Restmasse genutzt

---

<sup>122</sup> Vgl: Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, S.27

<sup>123</sup> Vgl: Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, S.30

<sup>124</sup> Vgl: Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, S.31

werden. Hier werden die unterschiedlichen Rückpralleigenschaften von einer Prallfläche ausgenutzt.<sup>125</sup>

#### **4.6.5.6 Sensorgestützte Sortierung**

Die Sensorgestützte Sortierung ist eine technische Weiterentwicklung der Handauslese. Der Güterstrom wird nach verschiedenen visuellen Erkennungsmerkmalen optoelektronisch bewertet und mittels Blasdüsen aussortiert.<sup>126</sup>

### **4.7 Endprozess**

Der Endprozess beschreibt die beiden Möglichkeiten, wie mit den Baurestmassen nach der Aufbereitung umgegangen werden kann. Hier kann, je nach Fraktion, der Schritt des Recyclings und der Entsorgung gewählt werden. Im folgenden Teil werden die Recycling- und Entsorgungsmöglichkeiten erläutert.

#### **4.7.1 Verwertung**

In diesem Prozessschritt werden die häufigsten Anwendungen von Recycling erläutert. Diese sechs Möglichkeiten Recycling zu betreiben sollen einen Einblick in die Recyclingmöglichkeiten geben.

Ein wichtiges Kriterium bei Recyclingprodukten ist die zu erreichende Qualität. Recyclingprodukte können nur bei hoher Qualität veräußert werden. Somit ist es wichtig Trennschärfen zu erreichen, um die nötige Qualität bei dem Endprodukt zu erreichen.<sup>127</sup>

##### **4.7.1.1 Re-Use**

Unter Re-Use versteht man Teile oder Stoffe mehr als einmal zu verwenden. Dies ist die einfachste und kostengünstigste Variante. Diese Verwertungsmöglichkeit ist allerdings nur bei einem einwandfreien Ausbau möglich. Re-Use hat die Vorteile, dass keine neue Energie

---

<sup>125</sup> Vgl: Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, S.31

<sup>126</sup> Vgl: Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, S.32

<sup>127</sup> Verweis auf: Altlastensanierungsgesetz §3 Abs. 6

aufgewendet werden muss um das Material herzustellen. Dies hat Einfluss auf die Kosten und Anforderungen zu Herstellung dieser Stoffe.<sup>128</sup>

Ein Beispiel hierfür ist die Wiederverwertung von Strukturholz. Bei einwandfreiem Ausbau kann es, wenn keine Veränderung der Qualität vorgekommen ist, wieder eingebaut oder bearbeitet werden.

#### **4.7.1.2 Recycling**

Recycling wird auch stoffliche Verwertung genannt. In diesem Abschnitt werden die drei häufigsten Recyclingverfahren erläutert.

##### **Metallrecycling**

Metallrecycling kann mit Stahl, Kupfer und anderen Metallen durchgeführt werden. Als Beispiel wird hier das Kupferrecycling angeführt.

Die Bauindustrie ist mit 39 Prozent der umsatzstärkste Markt für Kupferanwendungen, gefolgt von der Elektro-Industrie mit 37 Prozent. Kupferbleche, Kupferrohre oder Kupferdrähte finden Ihre Anwendung z.B. bei Dächern, Fassaden, Rinnen, als Band für bituminöse Abdeckungen, elektrische Leiter oder sonstige Bleche und Rohre.<sup>129</sup>

Kupfer kann man nahezu ohne Qualitätsverluste wiederverwerten. Dies hat den großen Vorteil, dass die Wiederverwertung einen um 90% niedrigeren Energieverbrauch hat als die konventionelle Kupfergewinnung durch Erze. Die heutigen technischen Möglichkeiten machen es möglich, durch mehrstufige Prozesse unedle und edle Verunreinigungen komplett aus dem Ausgangsmaterial zu entfernen. Somit ist recyceltes Kupfer nicht mehr von Kupfer aus der Primärerzeugung zu unterscheiden. In Österreich gibt es eine Sekundärkupferhütte, welche sich in Tirol befindet und von der Montanwerke Brixlegg AG betrieben wird.<sup>130</sup>

---

<sup>128</sup> Vgl: <http://en.wikipedia.org/wiki/Reuse>; Download: 28.12.2011

<sup>129</sup> Vgl: Deutsches Kupfer-Institut: Kupfer – Werkstoff der Menschheit, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 2006, S. 16 & Zwiener, Gerd; Mötzl, Hildegund: Ökologisches Baustoff-Lexikon: Bauprodukte, Chemikalien, Schadstoffe, Ökologie, Innenraum, C.F.Müller, Heidelberg, 2006

<sup>130</sup> Vgl: Deutsches Kupfer-Institut: Kupfer – Werkstoff der Menschheit, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 2006, S. 8

In der Abbildung 27 sind die Aufbereitungsschritte und die zu erreichende Qualität von Kupfer ersichtlich.

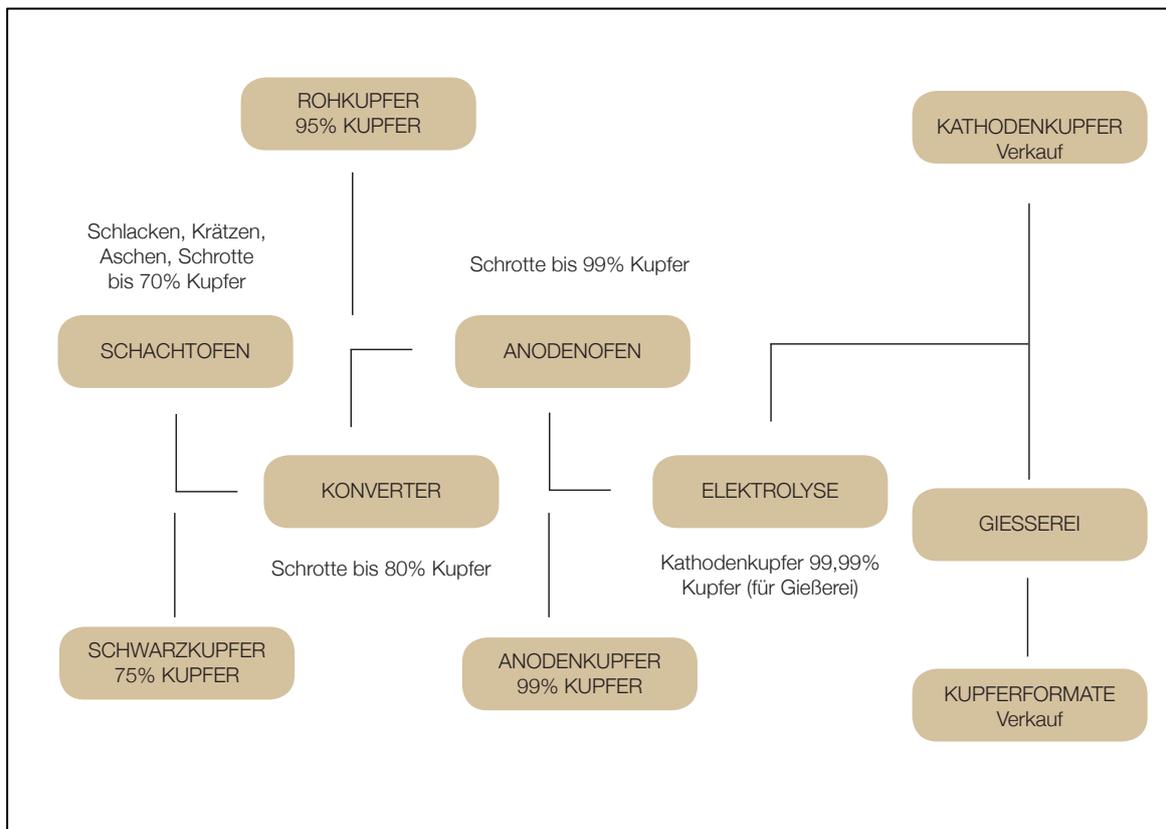


Abbildung 27: Aufbereitungsschritte in Abhängigkeit der Schrottqualität<sup>131</sup>

Kupferschrott und weitere Sekundärstoffe werden in Schachttöfen unter Zugabe diverser Zuschläge zu Schwarzkupfer verarbeitet. Zu diesem Zeitpunkt hat das Schwarzkupfer einen Reinheitsgrad von 70-80%. Im Konverter wird das Schwarzkupfer mit Rohkupfer und Legierungsschrotten, wie Bronze, Rotguss und Messing aufbereitet. Diesem Verfahrensschritt folgt die pyrometallurgische Raffination. Hier entsteht Anodenkupfer mit einer Reinheit von 99%. Durch elektrolytische Raffination werden die Anoden von Begleitelementen gereinigt. Diese verbleibenden Begleitmaterialien sind Blei, Nickel und Edelmetalle.<sup>132</sup>

<sup>131</sup> Vgl: Winter, Brigitte, u.a: Abfallvermeidung und –verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich, Serie Rep-0003, Umweltbundesamt, Wien, 2005, S. 136

<sup>132</sup> Vgl: Winter, Brigitte, u.a: Abfallvermeidung und –verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich, Serie Rep-0003, Umweltbundesamt, Wien, 2005, S. 5

Rückstände aus der Kupfergewinnung werden fast zur Gänze wieder in den Schachtofen eingebracht. Schachtofenschlacke wird in der Regel als Sandstrahlgut verkauft. Filterstäube aus dem Schachtofen haben einen sehr hohen Schwermetallgehalt von Zink und Blei und einen zu geringen Kupfergehalt. Sie werden ausgeschleust.<sup>133</sup>

### **Betonrecycling**

Beton wird in Brechanlagen gebrochen und von Fremdteilen getrennt. Armierungsstahl ist der größte Fremdanteil im Beton. Durch das einmalige Brechen wird eine Kornverteilung erreicht, die nahe der Idealsieblinie, auch Fuller-Parabel genannt, liegt. Diese besagt dass eine optimale Sieblinie erreicht wird. Die Einsatzgebiete für aufbereiteten Betonabbruch sind breit gefächert.<sup>134</sup>

In der Regel werden Betonabbrüche im Straßenbau als Trägermaterial verwendet. Dies bietet sich durch die gute Verdichtbarkeit und das gute Setzverhalten an. Für die Verwertung des alten Betonabbruchs als Zuschlagsstoff für neuen Beton muss bedacht werden, dass der alte Zementstein ausreichend mit Wasser befeuchtet wird. Dieser Zementstein kann bis über 10% Wasser aufnehmen.<sup>135</sup>

Abbruchmaterialien mit einem Bitumenanteil unter 1 Prozent der Masse können einwandfrei verarbeitet werden. Sollte jedoch der Bitumenanteil größer sein, muss man mit einer Verschlechterung der Festigkeitswerte rechnen. Sollten die Bitumenreste als Bitumenbahnen, die mit dem Beton verklebt wurden, vorkommen, werden sie in der Regel von Recyclingunternehmen nicht weiterverarbeitet. Fraktionen mit einem hohen Chloridanteil können zu Komplikationen im Abbindeverhalten und Korrosion der Bewehrung führen. Chlorid kann in Form von Calciumchlorid als Erstarrungsbeschleuniger oder in der Salzstreuung des Winterdienstes vorkommen.<sup>136</sup>

---

<sup>133</sup> Vgl: Winter, Brigitte, u.a: Abfallvermeidung und –verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich, Serie Rep-0003, Umweltbundesamt, Wien, 2005, S. 136

<sup>134</sup> Vgl: Lechner, Peter; Stark, Wolfgang: Reports Baurestmassen – Vermeidung, Verwertung, Behandlung. Schlüsselnummer 91206 Baustellenabfälle, TU Wien AWS im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wien, 1993, S.

11

<sup>135</sup> Vgl: Lechner, Peter; Stark, Wolfgang: Reports Baurestmassen – Vermeidung, Verwertung, Behandlung. Schlüsselnummer 91206 Baustellenabfälle, TU Wien AWS im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wien, 1993, S.

17

<sup>136</sup> Vgl: Lechner, Peter; Stark, Wolfgang: Reports Baurestmassen – Vermeidung, Verwertung, Behandlung. Schlüsselnummer 91206 Baustellenabfälle, TU Wien AWS im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wien, 1993, S.

14

Durch diese Verhaltenseigenschaften kann man die Stoffe gemäß ihrem Recyclingverhalten einteilen, was ist in der Tabelle 18 dargestellt ist.

GRUPPE	VORKOMMEN	VERWERTUNG
1	Betondachstein, Betonpflasterstein	können wiederverwendet werden, stoffliche Verwertung wie Gruppe 3
2	Betonelemente (Betonhohldielendecke, Betonhohlkörper mit Aufbeton, Betonfertigteile)	können ev. wiederverwendet werden, stoffliche Verwertung wie Gruppe 3
3	Normalbeton, Stahlbeton, WU-Beton, Betondrainagestein, Aufbeton, Füllbeton	bei getrennter Sammlung stofflich sehr gut verwertbar, häufig aber mit anderen Schichten verklebt (Dämmstoffe, Fußbodenbeläge, etc.)
4	Leichtbeton mit mineralischen Zuschlägen (Ziegelsplittbeton, Blähton-Leichtbeton)	bei getrennter Sammlung stofflich gut verwertbar, unter Berücksichtigung des Leichtzuschlags
5	Magerbeton, Schütt und Stampfbeton	bei getrennter Sammlung stofflich gut verwertbar, geringer Zementgehalt
6	Estriche	werden wegen möglicher Zusatzstoffe und des hohen Feinanteils aus der Aufbereitung nur eingeschränkt verwertet.
7	Beton mit verklebten Bitumenbahnen (Schwarze Wanne, Betondecke für Flachdach)	werden stofflich nicht verwertet
8	Polystyrolbeton	Recycling erforderlich wegen fehlender Entsorgungsalternativen, muss von den anderen Betonen getrennt werden, kann dann wieder als Zuschlag für Polystyrolbeton eingesetzt werden.

Tabelle 18: Gruppierung der Betonvorkommnisse nach ihrem Recyclingverhalten<sup>137</sup>

### Ziegelsplittrecycling

Die Wiederverwertung von Ziegelabbrüchen ist möglich, wenn eine große stoffliche Homogenität besteht. Dies ist der Fall, wenn der Ziegelanteil im Bereich von 80 – 90 Prozent liegt. Dieser Anteil wird in der Regel bei Dacherneuerungsarbeiten und sortenreinen Mauerabbrüchen erreicht. Im Vergleich liefern normale Mauerabbrüche und deren Ziegelschutt einen Fremdkörperanteil von ca. 24 Prozent. diese sind meist Mörtel und Putze. Neue Systeme mit Sturzmittelsiebanlagen erreichen, nach der Verarbeitung des Abbruchs, eine Reinheit der Ziegel von 94 Prozent. Nach dem derzeitigen Stand der Technik kann Ziegelschutt mit Zementmörtel nicht effektiv getrennt werden. Die Hauptbestandteile des Mauerwerksabbruchs sind Ziegel, Beton, Mörtel und Naturstein. Der Ziegelabbruch wird in Aufbereitungsanlagen in verschiedenen Korngrößen hergestellt und vielfältiger Weise in Objekte wieder eingebaut.

<sup>137</sup> Quelle: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - Entsorgungswege der Baustoffe - Anhang A2, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S.9

GRÖSSENBEREICHE			
Mehl	Sand	Splitt	Schotter
Sportplatzbau Pflastersand		Terrazzoplatten und Dekorsteine Zierkies	
RC-Granulate	Dachbegrünung		
Rohstoff für Dämmstoffe (Betonzusatz)	Mörtelzusatz	Fertigwände (Hochbau)	
Landschaft- & Deponiebau, Verfüllmaterial, Wegebau			

Tabelle 19: Korngrößenspezifische Verwertung von Mauerwerksabbrüchen<sup>138</sup>

In Tabelle 19 ist ersichtlich, dass trotz des Recyclings, Qualitätsbaustoffe aus Ziegelsplitt hergestellt werden können. Hierbei ist es nicht relevant welcher Ausgangsstoff, Vollziegel oder hochporosierter Hochlochziegel, dem Vorgang zugrunde liegt.

#### 4.7.1.3 Energetische Verwertung

Die energetische Verwertung, auch thermische Entsorgung genannt, passiert in der Müllverbrennungsanlage (MVA) und ist derzeit die effizienteste Methode der Inertisierung. Im Zuge der thermischen Verwertung des Abfalls können Strom und Wärme produziert und gewonnen werden. Durch die Verbrennung entstehen reaktionsträge Schlacken, die im Straßenbau Verwendung finden. Die nicht verwertbaren Schlacken werden auf der Baurestmassendeponie gelagert.<sup>139</sup>

Es werden die restmüllähnlichen Leichtfraktionen aufgrund ihres hohen organischen Kohlenstoffgehaltes thermisch verwertet. Weitere Fraktionen, die in der MVA verwertet werden, sind z.B. Kunststoffe, behandeltes Holz, Karton und Papier.<sup>140</sup>

Die Fraktionen werden bei der Anlieferung in den Bunker geladen und mit einem Greifer zum Ofen gehoben. Nach der Feuerung bzw. Dampferzeugung gelangen die Abgase in die Abgasreinigung und die Feststoffe in einen separaten Behälter. Nach der Reinigung werden die gereinigten Abgase vom Kamin ausgestoßen.

<sup>138</sup> Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - Entsorgungswege der Baustoffe - Anhang A2, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 12

<sup>139</sup> Vgl: [http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/abfallarten\\_abfallstroeme/produktionsabfaelle/doc/3211.php](http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/abfallarten_abfallstroeme/produktionsabfaelle/doc/3211.php);  
Download: 28.12.2011

<sup>140</sup> Vgl: Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010, S. 27

## 4.7.2 Beseitigung

Die Entsorgung wird in die thermische und stoffliche Entsorgung unterteilt. Dieser Vorgang ist der letzte der Abbruchfraktionen. In den folgenden beiden Unterabschnitten werden diese Prozessschritte näher erläutert.

### 4.7.2.1 Stoffliche Entsorgung

In Österreich gibt es vier verschiedene Arten von Deponien. Die Bodenaushubdeponie, die Inertabfalldeponie, Deponien für nicht gefährliche Abfälle und Deponien für gefährliche Abfälle. Bei dem Deponietyp für nicht gefährliche Abfälle gibt es 3 Unterkategorien, die Baurestmassendeponie, Reststoffdeponie und die Massenabfalldeponie, welche in Tabelle 20 dargestellt sind.<sup>141</sup>

DEPONIETYPEN	
Bodenaushubdeponie	
Inertabfalldeponie	
Deponie für nicht gefährliche Abfälle	Baurestmassendeponie
	Reststoffdeponie
	Massenabfalldeponie

Tabelle 20: Deponiearten

Deponien für gefährliche Abfälle gibt es in Österreich nicht, darum wird sie nicht näher betrachtet.

Seit dem Jahr 1998 müssen Deponiebetreiber Aufzeichnung über die abgelagerten Abfallarten auf ihrer Deponie führen. Diese Daten müssen jährlich an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft übermittelt werden. Seit dem Jahr 2008 kann diese Meldung auch über ein elektronisches Meldesystem erfolgen. Laut diesen verpflichtenden Meldungen wurden auf den 666 Deponien in Österreich rund 10,7 Millionen Tonnen Abfall jeglicher Art deponiert.<sup>142</sup>

<sup>141</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, S.7

<sup>142</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S.116

Die Abbildung 28 gibt Einsicht in den Verlauf der abgelagerten Massen in der Zeitspanne von 1999 bis 2008.

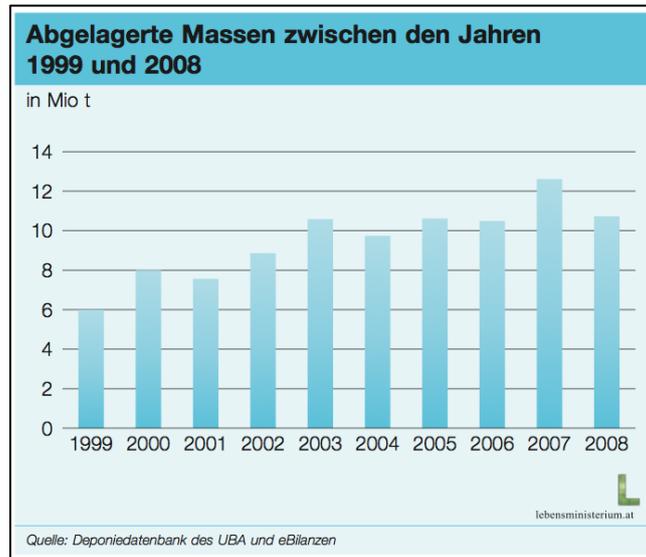


Abbildung 28: Abgelagerte Masse im Zeitraum von 1999 bis einschließlich 2008<sup>143</sup>

Die Tabelle 21 gibt Aufschluss über die deponierten Abfallarten in Österreich im Jahr 2008. Hier werden die abgelagerten Massen und deren prozentuelle Anteil dargestellt.

ABFALLARTEN	ABGELAGERTE MASSEN 2008	ANTEIL AN GESAMT ABGELAGERTEN MASSE
	in Tonnen	in Prozent
Bodenaushub	7.892.500	73,7
Sonstige verunreinigte Böden	451.700	4,2
Mineralischer Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	450.000	4,2
Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen	356.400	3,3
Hütten- und Gießereischutt	150.850	1,4
Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, mechanisch-biologisch vorbehandelt	148.400	1,4
<b>GESAMT</b>	<b>9.449.850</b>	<b>88,2</b>

Tabelle 21: Wesentliche deponierte Abfallarten im Jahr 2008<sup>144</sup>

<sup>143</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S.116

<sup>144</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S.117

Tabelle 22 zeigt die Übersicht der Deponiearten und deren Anzahl in Österreich. Weiterer Bestandteil dieser Tabelle ist die Auflistung der freien Deponievolumen gemäß ihrer Deponiearten. Die Deponietypen werden nachfolgend erläutert.

DEPONIETYPEN	ANZAHL DER 2008 MELDENDEN DEPONIEREN	FREIES DEPONIEVOLUMEN 2008 IN MILLIONEN TONNEN
Bodenaushubdeponie	462	39,5
Inertabfalldeponie	13	1,8
Deponie für nicht gefährliche Abfälle	Baurestmassendeponie	90
	Reststoffdeponie	40
	Massenabfalldeponie	46
Weitere (Zuordnung noch offen)	15	2
<b>GESAMT</b>	<b>666</b>	<b>77,3</b>

Tabelle 22: Aufgliederung der Deponien nach Deponieklassen und -unterklassen sowie freies Deponievolumen (2008)<sup>145</sup>

### Aufbau einer Deponie

Im § 33 der Deponieverordnung sind die Vorgaben für Deponieeinrichtungen festgehalten. Deponiebetreiber haben generell dafür zu sorgen, dass im Deponiebereich geeignete Einrichtungen für die Übernahme und Eingangskontrolle von Abfällen vorgesehen sind. Diese Flächen müssen des Weiteren Abstell- und Umkehrflächen für Anlieferfahrzeuge und das beschäftigte Personal beinhalten. Diese Flächen müssen darüber hinaus vom eigentlichen Deponiebereich getrennt sein. Für Abfälle, die vor der Annahme geprüft oder zwischengelagert werden müssen, ist ein gesonderter Bereich auf dem Deponiegelände einzurichten.<sup>146</sup>

Der unrechtmäßige Zugang zur Deponie zur Abladung von illegalen Abfällen muss durch Absperrungen, Überwachungssysteme und Zugangskontrollen gesichert sein. Diese Absperrungen müssen mindestens 2 Meter hoch und wildsicher sein. Bei Zufahrten zur Deponie muss der Deponieinhaber eine Informationstafel mit den wichtigsten Daten für Anlieferungen ersichtlich machen. Dies ist der Name und Anschrift des Betriebes,

<sup>145</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011; S.117

<sup>146</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, S. 23

Abfallübernahmezeiten, die Deponieklassen und deren Unterklassen. Die Ein- und Ausfahrtstore müssen außerhalb der Betriebszeiten abgeschlossen sein. Kompartimente, die in unterschiedliche Klassen unterschieden und betrieben werden, müssen, wenn es wirtschaftlich zumutbar und technisch machbar ist, getrennte Zufahrten haben. Eine weitere Vorgabe ist die Vorkehrung, dass kein Schmutz vom Deponiebereich auf öffentliche Straßen kommen kann.<sup>147</sup>

Im Einfahrtsbereich der Deponie muss eine Waage situiert sein. Vor der Zufahrt und Ablagerung der Abfälle muss ein Abfallannahmeverfahren durchgeführt werden. Dies beinhaltet eine grundlegende Charakterisierung des Abfalls, Eingangs- und Identitätskontrolle sowie eventuelle Probenentnahmen.<sup>148</sup>

### **Bodenaushubdeponie**

In Bodenaushubdeponien sind ausschließlich Ablagerungen von nicht kontaminierten Bodenaushubmaterialien und nicht kontaminierten Bodenbestandteilen erlaubt. Diese Materialien müssen den Anhang 4 der Deponieverordnung gerecht werden. Dieser Anhang beschäftigt sich z.B. mit der Probeentnahme, zusätzlichen Untersuchungen und den Beurteilungsnachweisen. Des Weiteren kann auch der Paragraph 8 der Deponieverordnung zum tragen kommen. Dieser beinhaltet die Genehmigung höherer Grenzwerte.<sup>149</sup>

### **Inertabfalldeponie**

Die Inertabfalldeponie erlaubt es nur Abfälle abzulagern, die der Deponieverordnung Anhang 1, Tabelle 3 und 4 entsprechen. Des Weiteren darf nicht kontaminiertes Aushubmaterial und nicht kontaminierte Bodenbestandteile abgelagert werden, wenn diese den Anforderungen des vierten Anhangs für die Ablagerung auf Inertabfalldeponien entsprechen. Abfälle die dem Anhang 3 Punkt eins entsprechen dürfen ebenso abgelagert werden wie Gleisschotter der den Ablagerungsanforderungen des Anhangs 4 für die Ablagerung auf Inertabfalldeponien entspricht.<sup>150</sup>

---

<sup>147</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, S. 24

<sup>148</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, S. 24

<sup>149</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, § 5-1; S. 8

<sup>150</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, § 5-2; S. 8

## **Deponien für nicht gefährlichen Abfall**

Deponien für nicht gefährliche Abfälle können in drei Kategorien eingeteilt werden:<sup>151</sup>

- Baurestmassendeponie
- Reststoffdeponie
- Massenabfalldeponie

Nachfolgend werden diese drei Deponietypen näher erläutert.

### **Baurestmassendeponie**

Auf Baurestmassendeponien dürfen nur nicht gefährliche Abfälle abgelagert werden, die den Anforderungen des Anhangs 1 Tabellen 5 und 6 entsprechen. Diese Tabellen geben die Grenzwerte für Gehalte in den Feststoffen an. Abfälle die dem Anhang 2 entsprechen, dürfen abgelagert werden sowie Aushubmaterialien, die den Anforderungen des Anhangs 4 für die Ablagerung auf einer Baurestmassendeponie entsprechen. Gleisschotter der dem Anhang 4 für die Ablagerung von Baurestmassendeponie entspricht und Asbestabfälle die dem § 10 der Deponieverordnung entsprechen.<sup>152</sup>

### **Reststoffdeponie**

Baurestmassendeponien sind ausschließlich für die Ablagerung von Abfällen die dem Anhang 2 Punkt eins entsprechen. Abfälle die nicht gefährlich sind und den Anforderungen des Anhangs 1 Tabelle sieben und acht entsprechen. Die Ablagerung von Abfällen, die den Anforderungen des Anhangs 4 für die Ablagerung auf einer Reststoffdeponie entsprechen, ist erlaubt. Auch die Ablagerung von Gleisschotter gemäß § 13 Abs.1 Z4, Asbestabfällen nach Maßgabe des § 10 und Rückstände aus thermischen Prozessen nach Maßgabe des § 9 der Deponieverordnung ist erlaubt.<sup>153</sup>

---

<sup>151</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, § 4; S. 7

<sup>152</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, § 5-3; S. 8

<sup>153</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, § 5-4; S. 8

### **Massenabfalldeponie**

Die Massenabfalldeponie erlaubt es ausschließlich nicht gefährliche Abfälle, die den Anforderungen des Anhangs 1 Tabelle neun und zehn entsprechen, zu deponieren. Weiters dürfen Abfälle die Anhang 2 entsprechen abgelagert werden. Es dürfen Aushubmaterialien abgelagert werden die den Anforderungen des Anhangs 4 für die Ablagerung auf einer Massenabfalldeponie entsprechen. Gleisschotter die dem § 13 Abs. 1 entsprechen dürfen ebenso abgelagert werden, wie Asbestabfälle die dem § 10 entsprechen.<sup>154</sup>

---

<sup>154</sup> Vgl: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl.II Nr. 178/2010, Wien, 2008, § 5-5; S. 8

## 5 Kosten bei Abbruch von Gebäuden

Im ersten Teil dieses Kapitels werden die Kosten von Abbrüchen im Allgemeinen dargelegt und erläutert. Nachfolgend werden die gewonnenen Werte der beiden Szenarien eingearbeitet und mit realen Kostenwerten implementiert. Dies soll die Kostenunterschiede verschiedener Bauweisen aufzeigen.

Am Beginn des Baustoffrecyclings steht die Beseitigung des Bauwerks. Die gesetzlichen Grundlagen und Rahmenbedingungen wurden bereits im Kapitel 2.3 erläutert. Bei der Bauwerksbeseitigung treten Kosten auf, die wie folgt gegliedert werden:

- Entkernungskosten
- Abbruchkosten
- Transportkosten
- Entsorgungskosten

Um die wesentlichen Abbruchkosten ermitteln zu können, müssen zwei Rahmenparameter festgelegt werden. Diese beiden Parameter sind die Art des Abbruchs und die Bauweise des abzubrechenden Gebäudes.<sup>155</sup>

Die Art des Abbruchs kann selektiv, teilselektiv oder als Demolierung durchgeführt werden. Diese Prozesse wurden bereits im Kapitel 4, Abbruch- und Entsorgungsprozess, erläutert.

Die Bauweise von Gebäuden kann in sechs Kategorien eingeteilt werden.<sup>156</sup>

- Massivbau
- Beton-Massivbau
- Stahlbeton-Skelettbau
- Stahl-Fachwerkgebäude
- Holz-Fachwerkhaus

---

<sup>155</sup> Vgl: Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

<sup>156</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

In Abhängigkeit des Brutto-Rauminhaltes können die Kosten für den Abbruch eines Objektes errechnet werden. Mithilfe des BRI können je nach Bauweise die Materialanteile des Objektes angenommen werden.<sup>157</sup>

Die Materialsorten die ermittelt werden können sind:<sup>158</sup>

- Beton
- Ziegel
- Holz
- Metalle
- Restabfall
- Sonstiges

Die fünf verschiedenen Bauweisen haben verschiedene Materialanteile der sechs angeführten Materialsorten. Mit Hilfe der Tabelle 23 können Materialanteile je Bauweise und Kubikmeter Bruttorauminhalt (BRI) angenommen werden. Die angegebenen Werte stammen ursprünglich aus der Handlungshilfe für Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

SCHRITT 1 WAHL DES GEBÄUDETYP						
GEBÄUDETYPE	BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)
<input type="checkbox"/> Massivbau vor 1918	0,125	0,214	0,008	0,007	0,002	0,001
<input type="checkbox"/> Massivbau 1918 bis 1948	0,116	0,224	0,009	0,006	0,004	0,002
<input type="checkbox"/> Massivbau ab 1949	0,137	0,206	0,008	0,003	0,015	0,003
<input type="checkbox"/> Holz-Fachwerkhau	0,036	0,238	0,028	0,003	0,004	0,001
<input type="checkbox"/> Stahlbeton-Skelettbau	0,230	0,006	0,004	0,002	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Beton-Massivbau	0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Holzleichtbauweise	0,074	0,010	0,037	0,009	0,100	0,020

Tabelle 23: Materialanteile der verschiedenen Bauweisen<sup>159</sup>

<sup>157</sup> Vgl: Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

<sup>158</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

<sup>159</sup> Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

Diese Einteilung wird eingeführt um die genauere Materialzusammensetzung des abzubrechenden Objektes zu definieren. Im Berechnungsmodell passiert dies im zweiten Schritt, welcher in der Tabelle 24 ersichtlich ist.

SCHRITT 2 MATERIALZUSAMMENSETZUNG DES GEBÄUDES					
BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)

Tabelle 24: Schritt 2 des Berechnungsmodells

Zusätzlich zu den Abbrucharten müssen die Anteile des zu entsorgenden Materials berücksichtigt werden. Hierbei erkennt man Unterschiede bei der Art des Abbruchs. Durch das Verfahren des selektiven Abbruchs können höhere Reinheitsgrade erreicht werden, als bei der Demolierung. Bei einer Entkernung im Grad zwei und einem selektiven Abbruch zweiten Grades, kann mit einer Reinheit von 100 Prozent der Restmassen gerechnet werden.<sup>160</sup>

Die Tabelle 25 sowie Tabelle 26 zeigen die Sortenreinheitsgrade der jeweiligen Abbruchkategorie.

Art der Entsorgung	Beton	Ziegel	Holz	Metalle
Sortenrein	40 %	40 %	50 %	50 %
Sonstiges	50 %	50 %		
Restabfall	10 %	10 %	50 %	50 %

Tabelle 25: Anteile der Materialkategorie bei Demolierung<sup>161</sup>

<sup>160</sup> Vgl: Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

<sup>161</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

Art der Entsorgung	Beton	Ziegel	Holz	Metalle
Sortenrein	75 %	75 %	90 %	90 %
Sonstiges	21 %	21 %		
Restabfall	4 %	4 %	10 %	10 %

Tabelle 26: Anteile der Materialkategorie bei selektiven Abbrüchen – Grad 1<sup>162</sup>

Bei der Berechnung der zu entsorgenden Masse, muss der BRI mit dem Materialanteil der Tabelle 23 multiplizieren und mit den Werten, je nach Abbruchweise, der Tabelle 25 und Tabelle 26 abwerten. Da bei der gewählten Abbruchweise keine hundertprozentige Reinheit der Fraktionen besteht.

Durch den Schritt der Bestimmung der Sortenreinheit können die Entsorgungskosten im Anschluss bestimmt werden.

### Entkernungskosten

Wie in Abbildung 20 definiert, gibt es zwei Entkernungsgrade. Der Wert des ersten Grades liegt bei 3,10 €/m<sup>3</sup> BRI, als Kennwertgrundlage wird hier auf das Lebenszykluskosten-Prognosemodell<sup>163</sup> zurückgegriffen. Der Wert des zweiten Grades wird mit dem 1,5-fachen Wert angenommen, also ergeben sich 4,65 €/m<sup>3</sup> BRI.

### Abbruchkosten

Die Abbruchkosten des ersten Grades betragen bei Einfamilienhäusern für Beton-Massivbauten 5,14 €/m<sup>3</sup> BRI, als Grundlage hierfür wird der Wert des des Lebenszykluskosten-Prognosemodells<sup>164</sup> herangezogen. Dieser Wert hängt von der Konstruktionsweise der Bauwerke ab. Massivbauten können mit einem niedrigen Wert gerechnet werden und komplexe Holzbauten mit einem höheren Wert. In der Tabelle 27

<sup>162</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.65

<sup>163</sup> Verweis auf: Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.67

<sup>164</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.67

werden die Abbruchkosten der verschiedenen Bauweisen und der unterschiedlichen Abbruchart ersichtlich gemacht.<sup>165</sup>

SCHRITT 6 BERECHNUNG DER ABBRUCHKOSTEN			
		Berechnung: Faktor (Bauweise / Abbruchart) x BRI	
BAUWEISE	SELEKTIVER ABBRUCH GRAD 1 €/ m3 BRI	SELEKTIVER ABBRUCH GRAD 2 €/ m3 BRI	DEMOLIERUNG €/ m3 BRI
<input type="checkbox"/> Beton-Massivbau	5,14	7,71	3,00
<input type="checkbox"/> Holz-Leichtbauweise	10,28	15,42	3,00

FAKTOR	BRI	ABBRUCHKOSTEN
--------	-----	---------------

Tabelle 27: Abbruchkosten verschiedener Bauweisen<sup>166</sup>

### Transportkosten

Im Raum Graz werden die Transportkosten mit 2,5 € / m<sup>3</sup> BRI angenommen. In die Berechnung der Transportkosten, fließen unter anderem folgende Faktoren mit ein:

- Treibstoffkosten
- Personalkosten
- Wertverfall des Kraftfahrzeugs
- Anschaffungs bzw. Leasingkosten

Zusammen entspricht dies einem Wert von 0,15 € bis 0,50 € pro Kilometer und m<sup>3</sup> BRI.<sup>167</sup>

### Entsorgungskosten

Die Entsorgungskosten sind von der Bauweise des abzubrechenden Bauwerkes abhängig. Sie setzen sich aus den Kosten der Verwertung und Beseitigung zusammen. Die Wahl des Abbruchverfahrens hat große Auswirkungen auf diesen Kostenfaktor. Die anfallenden Restmassen bei dem Verfahren des selektiven Abbruchs, können einer Verwertung leichter

<sup>165</sup> Anlehnung an: Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.67

<sup>166</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011

<sup>167</sup> Schönberger, Alois: Fachinterview, Feldkirchen bei Graz, 13.07.2011

und dadurch kostengünstiger zugeführt werden. Die Tabelle 28 vereint diese Faktoren der Entsorgungskosten.

Die Entsorgungspreise sind Preisannahmen von Berechnungen des Lebenszyklusprognosemodells <sup>168</sup> des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Diese Preise können aufgrund von wirtschaftlicher Situation und Lage des Abbruchs variieren. Ja nach Region variieren sie sehr stark und können sich täglich ändern.

SCHRITT 8 BERECHNUNG DER ENTSORGUNGSKOSTEN							
	BRI m3	FAKTOR lt. Schritt 1	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSFAKTOR lt. Tabelle 25&26	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSPREISE je Tonne in EUR	ENTSORG- UNGSPREISE in EUR
ENTSORGUNGSKOSTEN BETON						9,56	
ENTSORGUNGSKOSTEN ZIEGEL						9,56	
ENTSORGUNGSKOSTEN HOLZ						71,69	
ENTSORGUNGSKOSTEN METALLE						-35,85	
ENTSORGUNGSKOSTEN SONSTIGES				*		14,93	
ENTSORGUNGSKOSTEN RESTABFALL				**		209,08	
						GESAMT:	

\* zuzüglich 21% aus der Kategorie Beton, zzgl. 21 % aus der Kategorie Ziegel  
 \*\* zuzüglich 4 % aus der Kategorie Beton, zzgl. 4 % aus der Kategorie Ziegel, zzgl. 10 % aus der Kategorie Metalle

Tabelle 28: Beispielrechnung Entsorgungskosten<sup>169</sup>

Am Ende werden die Entkernungs-, Abbruch, Transport- und Entsorgungskosten addiert, somit ergeben sich die Gesamtabbruchkosten.

<sup>168</sup> Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.67

<sup>169</sup> Anlehnung an: Paula, M., u.a: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2011, S.67

## 6 Kostenmodell und Kostenkennwerte

Mit Hilfe der BKI-Kostenkennwerte können in einem frühen Stadium des Projektes Kosten geschätzt werden. Dies passiert in drei Schritten, der Kostenschätzung für Gebäude, Bauelemente und als dritte Stufe der Positionen. Somit erreicht man beim Projektfortschritt eine immer genauer werdende Kostenprognose.

Die angenommenen Preise resultieren aus den Tabellen des BKI-Baukostenkennwerte<sup>170</sup>. Hierbei wurde das Bauwerk als Passivhaus angenommen. Die daraus resultierenden Kennwerte wurden mit den Daten des IBO-Modell-Einfamilienhauses adaptiert.

Die Werte in dieser Literatur (BKI) müssen mit dem jeweiligen Regionalfaktor des Standortes multipliziert werden. Im Raum Graz beträgt dieser Wert 1,074. Die Kostenkennwerte sind grundsätzlich deutsche Kennwerte und beinhalten 19 Prozent Mehrwertsteuer, diese müssen für den weiteren Rechenvorgang herausgerechnet werden. Darüber hinaus muss zu diesen Werten der Baupreisindex mit 4 Prozent aufgerechnet werden.

Die Darstellung der Kostenkennwerte wird auf die Berechnung mittels des Brutto-Raum-Inhaltes und der Brutto-Geschoßfläche beschränkt, da diese Einheiten die üblichen Berechnungsgrundlagen für Rückbauten darstellen.<sup>171</sup>

### 6.1 IBO-Modell-Einfamilienhaus

In diesem Abschnitt werden die Lebenszykluskosten und Beseitigungskosten mit Hilfe des BKI und Abbildung 3 berechnet. Dies soll eine erste grobe Annäherung an die Rückbaukosten darstellen.

Durch die besser definierten Kostenkennwerte wurde für die Massivbauweise ein Passivhaus mit Stahlbetonkonstruktion gewählt. Um die immer größer werdende Genauigkeit dieser Kostenkennwerte darzustellen, erfolgt die Berechnung mittels Bruttorauminhaltes.

---

<sup>170</sup> Verweis auf: Gnielka, S., u.a.: BKI-Baukosten 2007, Teil 1: Statistische Kostenkennwerte Gebäude; Stuttgart, Baukosteninformationszentrum 2007; S. 254

<sup>171</sup> Schönberger, Alois: Fachinterview, Feldkirchen bei Graz, 13.07.2011

In Tabelle 29 ist ersichtlich wie sich die Errichtungskosten des IBO-Modell-Einfamilienhauses mit Hilfe der Kennwerte des BKI und dem Brutto-Rauminhalt errechnen. Hier wurde ein Einfamilienhaus in Passivhausstandard gewählt.

FAKTOR		MINIMAL	MITTEL	MAXIMAL
Kennwert		260,50 €/m <sup>3</sup>	315,13 €/m <sup>3</sup>	352,94 €/m <sup>3</sup>
Regionalfaktor	1,074	279,78 €/m <sup>3</sup>	338,45 €/m <sup>3</sup>	379,06 €/m <sup>3</sup>
Baupreisindex	4%	290,97 €/m <sup>3</sup>	351,98 €/m <sup>3</sup>	394,22 €/m <sup>3</sup>
BRI Einfamilienhaus	736,00 m <sup>3</sup>	214.155,96 €	259.059,63 €	290.146,79 €

Tabelle 29: Berechnung der Bauwerkskosten mittels Kennwerten und BRI<sup>172</sup>

Die Bauwerkskosten können auch mit Hilfe der Brutto-Geschoßfläche berechnet werden. Die Darstellung dieser Berechnung erfolgt in der Tabelle 30.

FAKTOR		MINIMAL	MITTEL	MAXIMAL
Kennwert		773,11 €/m <sup>2</sup>	924,37 €/m <sup>2</sup>	1033,61 €/m <sup>2</sup>
Regionalfaktor	1,074	830,32 €/m <sup>2</sup>	992,77 €/m <sup>2</sup>	1.110,10 €/m <sup>2</sup>
Baupreisindex	4%	863,53 €/m <sup>2</sup>	1.032,48 €/m <sup>2</sup>	1.154,50 €/m <sup>2</sup>
BGF Einfamilienhaus	237,44 m <sup>2</sup>	205.039,22 €	245.155,59 €	274.128,52 €

Tabelle 30: Berechnung der Bauwerkskosten mittels Kennwerten und BGF<sup>173</sup>

Mit diesen Kostenwerten kann eine erste grobe Schätzung der gesamten Lebenszykluskosten erfolgen. Prof. Floegl errechnete Lebenszykluskosten und deren Kennzahlen im Rahmen eines innovativen Businesscenters auf einen Lebenszyklus mit 36 Jahren. Wie in diesem Modell dargestellt fallen die Errichtungskosten mit rund 22 Prozent an. Die Rückbaukosten betragen rund zwei Prozent der gesamten LZK. Die restlichen Kosten werden auf den technischen Gebäudebetrieb, Ver- und Entsorgung, Reinigung und Pflege, Sicherheit, Gebäudedienste, Instandsetzung und Umbau sowie sonstige Kosten aufgeteilt. Die Berechnung der Lebenszyklus- und Rückbaukosten wird in der Tabelle 31 dargestellt. Hierbei werden die Daten von Prof. Floegl mit den errechneten mittleren Kosten des BKI adaptiert.<sup>174</sup>

<sup>172</sup> Verweis auf: Gnielka, Sabine, u.a.: BKI-Baukosten 2007, Teil 1: Statistische Kostenkennwerte Gebäude; Stuttgart, Baukosteninformationszentrum 2007, S. 254

<sup>173</sup> Verweis auf: Gnielka, Sabine, u.a.: BKI-Baukosten 2007, Teil 1: Statistische Kostenkennwerte Gebäude; Stuttgart, Baukosteninformationszentrum 2007, S.254

<sup>174</sup> Verweis auf: Floegl, Helmut: Fachbericht - Kennzahlen für Ökonomische Nachhaltigkeit von Gebäuden, Netzwerkbau Magazin Nr. 14 - Life Cycle Management bei Bauprojekten, Perchtoldsdorf, 2011

KOSTENART	LZK 36 nach FLOEGL	PROZENT der gesamten LZK	IBO-MODELL
ERRICHTUNGSKOSTEN	€ 9.429.713,00	22,056	€ 259.059,63
LEBENSZYKLUSKOSTEN	€ 42.754.336,00	100	€ 1.174.576,84
RÜCKBAUKOSTEN	€ 801.309,00	1,874	€ 22.014,12

Tabelle 31: Berechnung der Lebenszyklus- und Rückbaukosten

Diese Werte sind aufgrund der gering angenommenen Rahmenkriterien aber nur mit Vorsicht zu bewerten.

## 6.2 Kostenmodell

In diesem Unterkapitel wird das Kostenmodell zu Errechnung der Beseitigungskosten erläutert und dargestellt. Dieses Berechnungsmodell soll ein Berechnungstool für Bauherren und Investoren darstellen. Dadurch können die Kosten berechnet, und der in Kapitel 1, Abbildung 1 beschriebene Entscheidungsprozess erleichtert werden. Diese Berechnung wird in neun Schritte, z.B. Wahl des Gebäudetyps und Berechnung der Entkernungskosten, unterteilt.

Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen dient folgendes Rechenbeispiel:

Annahme:

<b>BRI:</b>	2000m <sup>3</sup>
<b>Bauweise:</b>	Beton-Massivbau - 1980 errichtet
<b>Abbruchweise:</b>	teilselektiver Abbruch - Grad 1
<b>Entkernungsgrad:</b>	2

Zu Beginn dieser Berechnung, siehe Tabelle 32, steht die Bewertung des Objektes. Hierbei soll die Konstruktionsweise des Objektes definiert werden. Es kann in neun verschiedene Konstruktionsarten unterschieden werden.

SCHRITT 1 WAHL DES GEBÄUDETYP						
GEBÄUDETYP	BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)
<input type="checkbox"/> Massivbau vor 1918	0,125	0,214	0,008	0,007	0,002	0,001
<input type="checkbox"/> Massivbau 1918 bis 1948	0,116	0,224	0,009	0,006	0,004	0,002
<input type="checkbox"/> Massivbau ab 1949	0,137	0,206	0,008	0,003	0,015	0,003
<input type="checkbox"/> Holz-Fachwerkhau	0,036	0,238	0,028	0,003	0,004	0,001
<input type="checkbox"/> Stahlbeton-Skelettbau	0,230	0,006	0,004	0,002	0,002	0,002
<input checked="" type="checkbox"/> Beton-Massivbau	0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Holzleichtbauweise	0,074	0,010	0,037	0,009	0,100	0,020

Tabelle 32: Schritt 1 - Wahl des Gebäudetyps<sup>175</sup>

Durch die Definition der Konstruktionsweise können die Materialanteile des abzubrechenden Objektes definiert werden. Dies ist in Kapitel 5, Tabelle 23 erläutert. Die Werte werden in der Tabelle 33 zusammengefasst.

SCHRITT 2 MATERIALZUSAMMENSETZUNG DES GEBÄUDES					
BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)
0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002

Tabelle 33: Schritt 2 – Materialanteile der Hauptbestandteile<sup>176</sup>

Im nächsten Schritt wird der BRI des Bauwerks errechnet. Dieser Ablauf kann in die Berechnung des Kellervolumens, das Volumen der Geschoße und das Volumen des Daches untergliedert werden. Dies ist in Tabelle 34 ersichtlich.

<sup>175</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

<sup>176</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

<b>SCHRITT 3</b>					
BERECHNUNG DES BRUTTORAUMINHALT (BRI)					
					Berechnung: Länge x Breite x Höhe = Volumen
	LÄNGE (Meter)	BREITE (Meter)	HÖHE (Meter)	VOLUMEN (Meter)	
VOLUMEN KELLER	14,9	14,9	3	666,66	
VOLUMEN GESCHOSSE	14,9	14,9	3	666,66	
VOLUMEN DACH	14,9	14,9	3	666,66	
					GESAMT 2000,0 m3

Tabelle 34: Schritt 3 - Berechnung des BRI<sup>177</sup>

Im vierten Schritt werden die Massen der wesentlichen Materialgruppen dem Bauwerk zugeordnet. Dies passiert mit Hilfe des zuvor errechneten BRI in der Tabelle 35.

<b>SCHRITT 4</b>						
MASSEN DER WESENTLICHEN MATERIALIEN DES GEBÄUDES						
						Berechnung: Materialgruppe x BRI
BETON (Tonnen)	ZIEGEL (Tonnen)	HOLZ (Tonnen)	METALLE (Tonnen)	RESTABFALL (Tonnen)	SONSTIGES (Tonnen)	
737,99	100,00	4,00	12,00	4,00	4,00	

Tabelle 35: Schritt 4 - Massen der wesentlichen Materialien des Gebäudes<sup>178</sup>

Die Wahl des Entkernungsgrades wird im fünften Schritt, Tabelle 36, behandelt. Bei der Wahl des Entkernungsgrades kann man den Grad eins oder zwei wählen. Hierbei handelt es sich um die Genauigkeit der Entkernung.

<b>SCHRITT 5</b>			
BERECHNUNG DER ENTKERNUNGSKOSTEN			
			Berechnung: Grad x BRI
GRAD 1	3,1 €/m3 BRI		
GRAD 2	4,65 €/m3 BRI		
		GRAD	BRI
		4,65	2000
		ENTKERNUNGSKOSTEN	
		9299,91	

Tabelle 36: Schritt 5 - Berechnung der Entkernungskosten<sup>179</sup>

<sup>177</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

<sup>178</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

<sup>179</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

Die Abbruchkosten können mit Hilfe der Abbruchart definiert werden. Diese kann in drei verschiedene Kategorien eingeteilt werden.

- Selektiver Abbruch- Grad 1
- Selektiver Abbruch - Grad 2
- Demolierung

Schritt sechs wird in Tabelle 37 veranschaulicht.

SCHRITT 6 BERECHNUNG DER ABBRUCHKOSTEN				Berechnung: Faktor (Bauweise / Abbruchart) x BRI		
BAUWEISE	SELEKTIVER ABBRUCH GRAD 1 €/ m3 BRI	SELEKTIVER ABBRUCH GRAD 2 €/ m3 BRI	DEMOLIERUNG €/ m3 BRI	FAKTOR	BRI	ABBRUCHKOSTEN
<input checked="" type="checkbox"/> Beton-Massivbau	5,14	7,71	3,00	5,14	2000	10279,90
<input type="checkbox"/> Holz-Leichtbauweise	10,28	15,42	3,00			

Tabelle 37: Schritt 6 - Berechnung der Abbruchkosten<sup>180</sup>

Der siebente Schritt behandelt die Transportkosten, welche einerseits von der Lage des Objektes und andererseits vom Abbruchunternehmen abhängig sind. Diese Berechnung wird in Tabelle 38 dargestellt.

SCHRITT 7 BERECHNUNG DER TRANSPORTKOSTEN		
EUR / m3 BRI	BRI	TRANSPORTKOSTEN
2,5	2000	4999,95

Tabelle 38: Schritt 7 - Berechnung der Transportkosten<sup>181</sup>

Die Entsorgungskosten stehen in direkter Abhängigkeit des Entkernungsgrades und der Abbruchart. Durch eine genauere Abbruchart kann eine höhere Trennschärfe der Fraktionen erreicht werden, was sich positiv auf Entsorgungskosten auswirkt. Die Entsorgungskosten können mit dem dargestellten Schema von Tabelle 39 berechnet werden.

<sup>180</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

<sup>181</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

SCHRITT 8 BERECHNUNG DER ENTSORGUNGSKOSTEN							
	BRI m3	FAKTOR lt. Schritt 1	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSFAKTOR lt. Tabelle 21&22	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSPREISE je Tonne in EUR	ENTSORG- UNGSPREISE in EUR
ENTSORGUNGSKOSTEN BETON	2.000,00	0,369	738,00	0,75	553,50	9,56	5.291,46
ENTSORGUNGSKOSTEN ZIEGEL	2.000,00	0,050	100,00	0,75	75,00	9,56	717,00
ENTSORGUNGSKOSTEN HOLZ	2.000,00	0,002	4,00	0,90	3,60	71,69	258,08
ENTSORGUNGSKOSTEN METALLE	2.000,00	0,006	12,00	0,90	10,80	-35,85	-387,18
ENTSORGUNGSKOSTEN SONSTIGES	2.000,00	0,002	4,00	*	179,98	14,93	2.687,10
ENTSORGUNGSKOSTEN RESTABFALL	2.000,00	0,002	4,00	**	39,12	209,08	8.179,21
						GESAMT:	16.745,68

\* zuzüglich 21% aus der Kategorie Beton, zzgl. 21 % aus der Kategorie Ziegel  
 \*\* zuzüglich 4 % aus der Kategorie Beton, zzgl. 4 % aus der Kategorie Ziegel, zzgl. 10 % aus der Kategorie Metalle

Tabelle 39: Schritt 8 - Berechnung der Entsorgungskosten<sup>182</sup>

Im letzten Schritt, Tabelle 40 , wird die Berechnung der gesamten Abbruchkosten aufgezeigt. Sie setzen sich aus den Entkernungs-, Abbruch-, Transport- und Entsorgungskosten zusammen.

SCHRITT 9 BERECHNUNG DER GESAMTABBRUCHKOSTEN	
KOSTENART	BETRAG IN EUR
ENTKERNUNGSKOSTEN	€ 9.299,91
ABBRUCHKOSTEN	€ 10.279,90
TRANSPORTKOSTEN	€ 4.999,95
ENTSORGUNGSKOSTEN	€ 16.745,68
<b>BESEITIGUNGSKOSTEN</b>	<b>€ 41.325,43</b>

Tabelle 40: Schritt 9 - Berechnung der Gesamtabbruchkosten<sup>183</sup>

<sup>182</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

<sup>183</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

Mit der Berechnung der Abbruchkosten mit Hilfe dieser neun Schritte, ist es möglich die Kosten genauer, als mit der in Abschnitt 7.1 erläuterten Methode, abschätzen zu können. Des Weiteren hat diese Methode den Vorteil, dass aufgrund der Unabhängigkeit der Schritte eine fortlaufende Adaption von Kennwerten passieren kann.

Diese neun Schritte sind im Anhang noch einmal als zweiseitiges und leeres Dokument dargestellt.

## 7 Case Study

In diesem Abschnitt der Arbeit werden die, in Kapitel 5, erarbeiteten Werte bei zwei verschiedenen Szenarien angewendet. Ziel dieses Schrittes soll sein, einen Überblick über zwei verschiedene aktuelle Bauweisen zu bekommen. Zu diesem Zweck wird ein standardisiertes Objekt näher betrachtet.

Das IBO-Modell-Einfamilienhaus<sup>184</sup> wird mit einer Bruttogeschoßfläche von 79 m<sup>2</sup> pro Geschoss angenommen. Es hat ein Kellergeschoß und 2 Obergeschoße mit Pultdach. Die mittlere Raumhöhe beträgt 2,80 Meter. Die Anzahl der Räume beträgt 4 und dieses Haus ist für 2,5 Bewohner konzipiert. In der Abbildung 29 ist dieses IBO-Modell-Einfamilienhaus dargestellt.

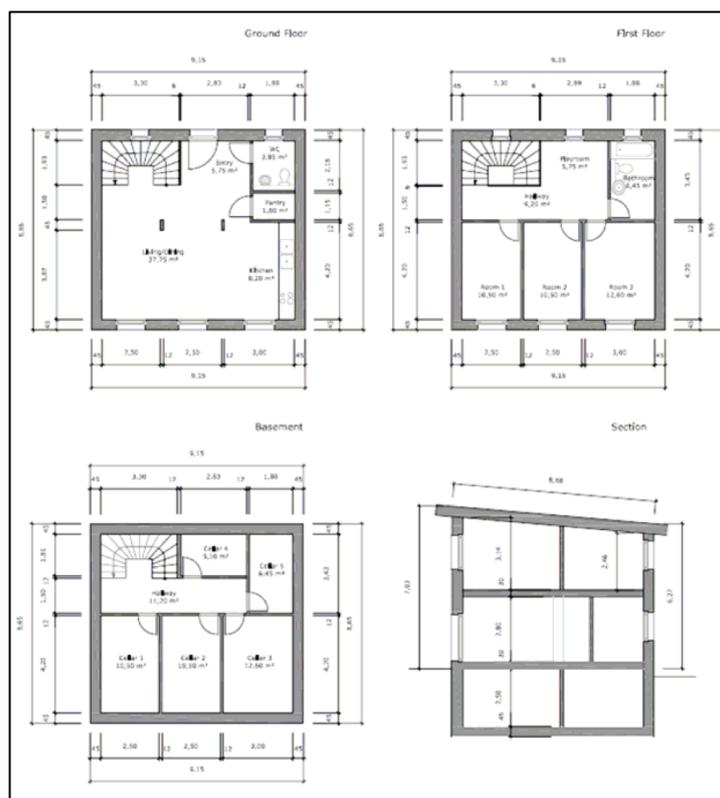


Abbildung 29: Grundrisse und Schnitt - IBO-Modell-Einfamilienhaus<sup>185</sup>

<sup>184</sup> Verweis auf: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009

<sup>185</sup> Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 41

In der Tabelle 41 sind die wichtigsten Parameter des IBO-Modell-Einfamilienhauses aufgelistet.

ABMESSUNGEN	WERT
Mittlere Raumhöhe	2,80 m
Bodenfläche (Nutzfläche)	79,15 m <sup>2</sup>
Dachfläche	79,42 m <sup>2</sup>
Außenwände	200,00 m <sup>2</sup>
Erdberührte Außenwände	106,80 m <sup>2</sup>
Innenwände Typ 1	120,00 m <sup>2</sup>
Fenster	19,33 m <sup>2</sup>
Formfaktor (Oberfläche/Volumen)	0,72 1/m
Bruttorauminhalt (BRI)	736,00 m <sup>3</sup>
Bruttogeschoßfläche (BGF)	237,44 m <sup>2</sup>
Länge	8,65 m
Breite	9,15 m

Tabelle 41: Kennwerte - IBO-Modell-Einfamilienhaus<sup>186</sup>

Das IBO-Modell-Einfamilienhaus wird in den folgenden beiden Abschnitten als Massivbauweise und Holzleichtbauweise dargestellt. Die beiden Varianten haben als Ausgangsform verschiedene Basiselemente, welche die Basisvariante bilden. Zu diesen Basiselementen gehören der Bodenplattenaufbau und erdberührte Wände. Diese sind in der Tabelle 42 ersichtlich.

<sup>186</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 41

BASISVARIANTE		BAUSTOFF	DICKE (Meter)	kg / m2 NF	kg / NF	kg / m3 BRI
BODENPLATTE	Estrich mit Belag	Keramische Fliesen	0,01	20,00	1.583,00	2,39
		Mineralischer Kleber	-	1,00	79,15	0,12
		Flüssige Folie	-	0,20	15,83	0,02
		Estrichbeton	0,05	100,00	7.915,00	11,94
	Dämmung	Polyethylenbahn	-	0,10	7,92	0,01
		Glaswolle Trittschall	0,03	2,04	161,47	0,24
	Tragschicht	Normalbeton	0,20	460,00	36.409,00	54,92
		Armierungsstahl	-	17,00	1.345,55	2,03
		Polymerbitumen-Bahn	-	8,60	680,69	1,03
	Dämmung	Polystyrol extrudiert (XPS)	0,10	3,80	300,77	0,45
	Sauberkeitsschicht	Magerbeton	0,05	100,00	7.915,00	11,94
		Betonunterlagspapier	-	0,15	11,87	0,02
		Kies	0,15	270,00	21.370,50	32,23
		Vlies (PP)	-	0,14	11,08	0,02
GESAMT			0,59	983,03	77.806,82	117,36
ERBERÜHRTE AUSSENWAND	Drainageschicht	Vlies (PP)	-	0,14	14,95	0,02
		Drainageplatte (EPS)	0,08	2,40	256,32	0,39
	Dämmung	Polystyrol (XPS)	0,10	3,80	405,84	0,61
	Dämmung	Bitumenanstrich	-	2,50	267,00	0,40
		Polymerbitumen-Dichtungsbahn	-	8,60	918,48	1,39
		Betonschalstein	0,10	230,00	24.564,00	37,05
		Armierungsstahl	-	12,50	1.335,00	2,01
		Normalbetonfüllung	0,15	345,00	36.846,00	55,57
		Kalkzementputz	0,02	27,00	2.883,60	4,35
	GESAMT			0,45	631,80	67.476,24

Tabelle 42: Bauteilelemente der Basisvariante<sup>187</sup>

<sup>187</sup> Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 2

## 7.1 Szenario 1 - IBO-Modell-Einfamilienhaus - Massivbauweise

In diesem Abschnitt wird die Materialzusammensetzung der Massivbauweise des IBO-Modellgebäudes erläutert. Als Grundlage für die Bauteile wird der IBO-Passivhaus-Bauteilkatalog herangezogen. Zur Veranschaulichung der Konstruktionen und Aufbauten dient die Tabelle 43, in der die wichtigsten Aufbauten angeführt sind.

MASSIVBAUWEISE	BAUSTOFF	DICKE Meter	MASSE kg/m <sup>2</sup>	MASSE kg Gesamt	MASSE kg / m <sup>3</sup> BRI	
AUSSENWÄNDE	Dämmschicht	Silikatputz	-	3,50	700,00	1,06
		Putzgrund (Silikat)	-	0,25	50,00	0,08
		Glasfaserarmierung	-	0,16	32,00	0,05
		Klebespachtel	-	8,00	1.600,00	2,41
		Dübel kompl. 38 cm	-	0,05	10,00	0,02
		Polystyrol (EPS) -F	0,30	5,40	1.080,00	1,63
	Tragschicht	Klebespachtel	-	4,50	900,00	1,36
		Hochlochziegel	0,25	200,00	40.000,00	60,33
		Mörtel	-	20,00	4.000,00	6,03
		Kalkzementputz	0,02	27,00	5.400,00	8,14
	GESAMT		268,86	53.772,00	81,10	
INNEN- WÄNDE	Ziegel	Kalkzementputz	0,015	27,00	3.240,00	4,89
		Kalkzementmörtel	-	10,40	1.248,00	1,88
		Hochlochziegel	0,12	97,60	11.712,00	17,67
		Kalkzementputz	0,015	27,00	3.240,00	4,89
		GESAMT		162,000	19.440,00	29,32
FLACHDACH	Umkehrdachschi- cht	Kies	0,06	108,00	8.577,36	12,94
		Vlies (PP)	-	0,14	11,12	0,02
		Polystyrol (XPS)	0,18	6,84	543,23	0,82
	Warmdachschi- cht	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	-	8,60	683,01	1,03
		Polystyrol (EPS-W25)	0,20	5,00	397,10	0,60
	Tragschicht	Normalbeton	0,20	460,00	36.533,20	55,10
		Armierungsstahl	-	16,00	1.270,72	1,92
		Gipsspachtel	0,003	4,80	381,22	0,57
	GESAMT		609,38	48.396,96	73,00	
GESCHOSSDECKEN	Belag	Massivparkett verklebt	0,01	7,45	1.203,18	1,81
		Parkettkleber	-	1,00	161,50	0,24
	Estrich	Estrichbeton	0,06	120,00	19.380,00	29,23
		Polyethylenbahn	-	0,20	32,30	0,05
	Dämmung	Polystyrol expandiert EPS-T	0,04	0,44	71,06	0,11
		Normalbeton	0,20	460,00	74.290,00	112,05
	Tragschicht	Armierungsstahl	-	16,00	2.584,00	3,90
		Gipsspachtel	0,003	4,80	775,20	1,17
	GESAMT		609,89	98.497,24	148,56	

Tabelle 43: Bauteilelemente der Massivbauweise<sup>188</sup>

<sup>188</sup> Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 3

Für dieses Bauwerk werden Holz-Alu Fensterprofile aus der IBO-Referenzdatenliste herangezogen. Für die Passivhausbauweise wird eine Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung gewählt. Dieser Holz-Alurahmen hat eine Stärke von 110 mm. Für beide Szenarien wurde dasselbe Fenster gewählt.<sup>189</sup>

### 7.1.1 Rückbau

In diesem Unterkapitel wird der Ablauf des Rückbaus der Bauteile der Massivbauweise dargestellt. Dieser wird grundsätzlich in die Abschnitte Bodenplatte, erdberührte Außenwände, Außenwände und Innenwände eingeteilt, welche nachfolgend genauer beschrieben werden

#### Bodenplatte

Beim Rückbau werden die Fliesen vom Estrich nicht getrennt und sowohl die Dämmschichten, Glaswolle als auch XPS und Glaswolle liegenlose auf den Unterschichten. Durch den Einbau ist die Polymerbitumen-Dichtungsbahn nicht von der Bodenplatte trennbar, diese Dichtungsbahn ist aber nicht mit der XPS-Dämmung verklebt.<sup>190</sup>

#### Erdberührte Außenwände

Die XPS-Dämmplatten werden vor Ort vom Untergrund entfernt und zusammen mit der Drainageschicht entsorgt. Bei diesem Vorgang bleiben circa jeweils ein Zentimeter der Dämmplatte, Klebspachtel und die Bitumenabdichtung am Betonstein haften.<sup>191</sup>

#### Außenwände

Das Wärmedämmverbundsystem wird von der Tragschicht abgebaut. Hier bleibt circa ein Zentimeter der EPS-Dämmplatten inklusive der Verklebung an den Hochlochziegeln haften.<sup>192</sup>

#### Innenwände

Alle Schichten des Bauteils werden zusammen abgebrochen.<sup>193</sup>

---

<sup>189</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 11

<sup>190</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 2

<sup>191</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 3

<sup>192</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 5

**Flachdach**

Durch die lose Verlegung der Umkehrdachschiicht kann sie wieder in ihre Einzelbestandteile zerlegt werden. Die Warmdachschiicht wird zusammen abgebaut, da sie untereinander und mit dem Untergrund verklebt sind. Hierbei kann wieder angenommen werden, dass beim Ausbau des EPS ein Zentimeter am Untergrund haften bleibt.<sup>194</sup>

**Geschoßdecke**

Das Parkett wird vom Estrich geschrammt. Es bleibt ein Rückstand von circa einem Millimeter auf dem Estrich. Der Estrich wird mit den Rückständen und der PE-Folie, mit der sich der Estrich beim Einbau verbunden hat, gemeinsam ausgebaut. Die Dämmung und die anderen Schichten sind lose eingebaut und können somit wieder ausgebaut werden.<sup>195</sup>

**Fenster**

Die Fenster werden ausgebaut und in ihre Hauptbestandteile zerlegt.<sup>196</sup>

---

<sup>193</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund., Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 6

<sup>194</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 8

<sup>195</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 10

<sup>196</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund, Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 11

## 7.1.2 Entsorgung

In Tabelle 44 ist die Massenbilanz des IBO-Einfamilienhauses in Massivbauweise ersichtlich. Hier werden die Entsorgungsmengen von Deponierung, Recycling und thermischer Verwertung aufgezeigt.

ENTSORGUNGSWEG	FRAKTION	MASSE IN KG	GESAMT	PROZENT der Entsorgungsweise	KG / m3 BRI	KG / BRI
DEPONIERUNG	Beton (bewehrt) auf Deponie	36.340,00		24,19	54,81	
	Beton auf Deponie	26.860,00		17,88	40,51	
	BRM auf Deponie	82.829,00		55,14	124,93	
	BRM auf Deponie / metall V.	4,00		0,00	0,01	
	BRM auf Deponie / organ V.	2.223,00		1,48	3,35	
	Fensterglas auf Deponie	210,00		0,14	0,32	
	Gips auf Deponie	1.563,00		1,04	2,36	
	Glaswolle auf Deponie	191,00		0,13	0,29	
DEPONIERUNG GESAMT			150.220,00	100,00		
Prozent von Gesamtmenge			41,58	-		226,58
RECYCLING	Aluminium zu Recycling	248,00		0,12	0,37	
	Armierungsstahl zu Recycling	6.473,00		3,19	9,76	
	Beton (bewehrt) zu Recycling	109.020,00		53,74	164,43	
	Beton zu Recycling	7.900,00		3,89	11,92	
	Fensterglas zu Recycling	210,00		0,10	0,32	
	Kies zu Recycling	29.862,00		14,72	45,04	
	Stahlblech, verzinkt zu Recycling	30,00		0,01	0,05	
	Ziegel zu Recycling	49.139,00		24,22	74,12	
RECYCLING GESAMT			202.882,00	100,00		
Prozent von Gesamtmenge			56,16	-		306,01
THERMISCHE VERWERTUNG	Beschichtetes Holz in MVA	1.059,00		13,01	1,60	
	Bitumenbahn in MVA	679,00		8,34	1,02	
	Holzrahmen in MVA	248,00		3,05	0,37	
	Papier in MVA	12,00		0,15	0,02	
	Polyolefin in MVA	37,00		0,45	0,06	
	Polystyrol in MVA	3.715,00		45,63	5,60	
	PS/WDVS anorgan in MVA	2.392,00		29,38	3,61	
	THERMISCHE VERWERTUNG GESAMT			8.142,00	100,00	
Prozent von Gesamtmenge			2,25	-		12,28
MENGE GESAMT			361.244,00			544,04

Tabelle 44: Massenbilanz der Entsorgung - Massivbauweise<sup>197</sup>

Tabelle 44 wird als Diagramm nachfolgend in Abbildung 30 dargestellt. Sie zeigt die prozentuelle Verteilung der drei Entsorgungswege im Verhältnis zum gesamten Aufkommen.

<sup>197</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 46

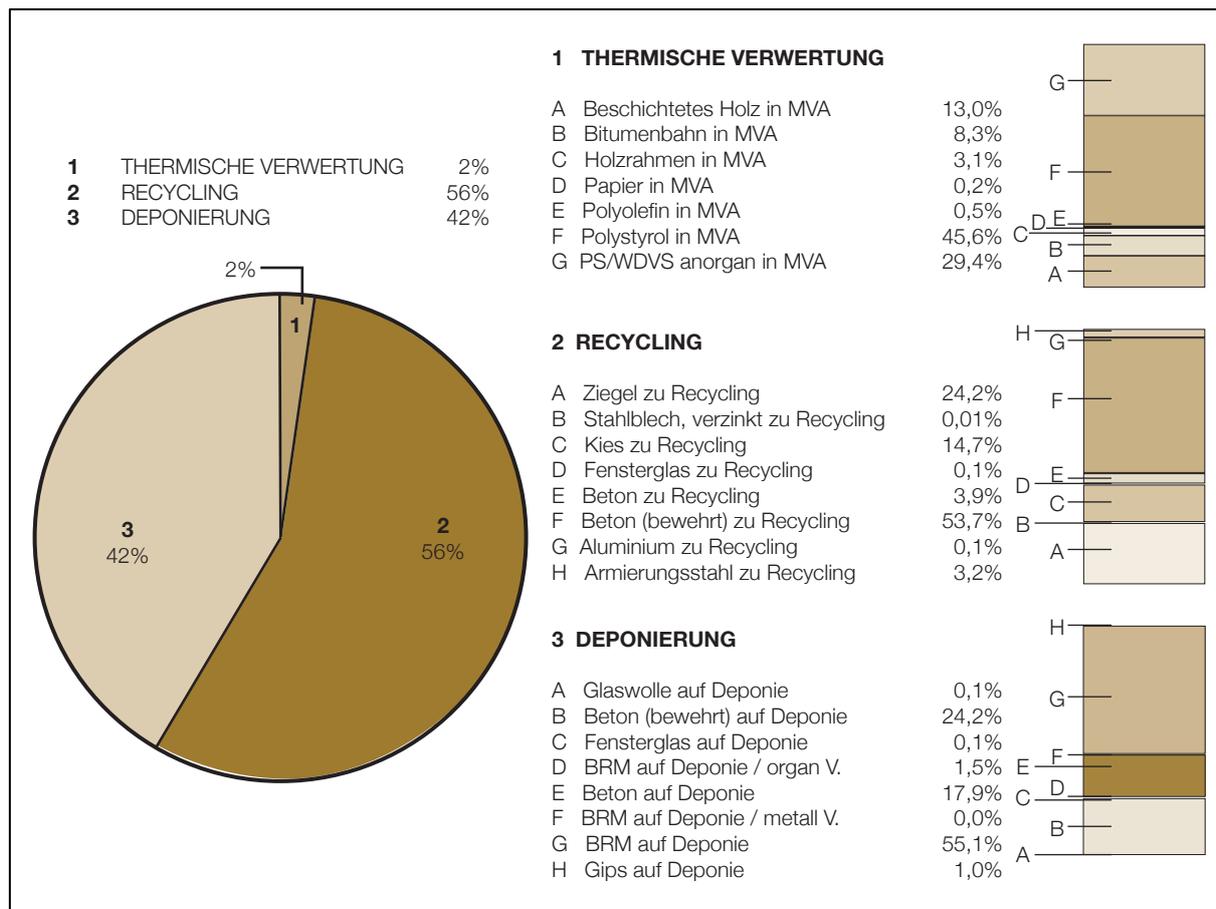


Abbildung 30: Anteile der Entsorgungswege – Massivbauweise

Aus Abbildung 30 geht hervor dass zwei Prozent des gesamten Abbruchaufkommens des IBO-Modell-Einfamilienhauses, thermisch verwertet werden. Diese thermische Verwertung findet in der Müllverbrennungsanlage (MVA) statt. 56 Prozent können wiederverwertet werden. bei recyclinggerechtem Umgang mit den Restfraktionen können diese wieder der Wirtschaft zugeführt werden. 42 Prozent werden in dafür geeigneten Deponien gebracht. Hierbei ist es wichtig, die Fraktionen den korrekten SN-Nummern zuzuweisen und auf dem entsprechenden Deponietyp abzulagern.

### 7.1.3 Kosten

Als Bemessungsgrundlage werden die gewonnen Daten von Kapitel 5 herangezogen. Diese Kostenberechnung setzt den BRI des abzubrechenden Bauwerks voraus. In dem Falle des IBO-Modell-Einfamilienhaus beträgt der Bruttorauminhalt 663 m<sup>3</sup>.

Um die Berechnung der Abbruchkosten zu ermöglichen, müssen folgende Annahmen getätigt werden:

**BRI:** 736m<sup>3</sup>  
**Bauweise:** Beton-Massivbau  
**Abbruchweise:** teilselektiver Abbruch (Abbruch Grad 1)  
**Entkernungsgrad:** 2

Tabelle 45 und Tabelle 46 stellen die Entkernungs-, Abbruch-, Transport- und Entsorgungskosten aufgrund des BRI dar.

<b>SCHRITT 1</b>						
WAHL DES GEBÄUDETYP						
GEBÄUDETYP	BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)
<input type="checkbox"/> Massivbau vor 1918	0,125	0,214	0,008	0,007	0,002	0,001
<input type="checkbox"/> Massivbau 1918 bis 1948	0,116	0,224	0,009	0,006	0,004	0,002
<input type="checkbox"/> Massivbau ab 1949	0,137	0,206	0,008	0,003	0,015	0,003
<input type="checkbox"/> Holz-Fachwerkhau	0,036	0,238	0,028	0,003	0,004	0,001
<input type="checkbox"/> Stahlbeton-Skelettbau	0,230	0,006	0,004	0,002	0,002	0,002
<input checked="" type="checkbox"/> Beton-Massivbau	0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Holzleichtbauweise	0,074	0,010	0,037	0,009	0,100	0,020

<b>SCHRITT 2</b>						
MATERIALZUSAMMENSETZUNG DES GEBÄUDES						
BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)	
0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002	

<b>SCHRITT 3</b>						
BERECHNUNG DES BRUTTORAUMINHALT (BRI)					Berechnung: Länge x Breite x Höhe = Volumen	
	LÄNGE (Meter)	BREITE (Meter)	HÖHE (Meter)	VOLUMEN (Meter)		
VOLUMEN KELLER	8,65	9,15	2,95	233,49		
VOLUMEN GESCHOSSE	8,65	9,15	3,1	245,36		
VOLUMEN DACH	8,65	9,15	3,25	257,23		
					GESAMT	736

<b>SCHRITT 4</b>						
MASSEN DER WESENTLICHEN MATERIALIEN DES GEBÄUDES						
Berechnung: Materialgruppe x BRI						
BETON (Tonnen)	ZIEGEL (Tonnen)	HOLZ (Tonnen)	METALLE (Tonnen)	RESTABFALL (Tonnen)	SONSTIGES (Tonnen)	
271,61	36,80	1,47	4,42	1,47	1,47	

Tabelle 45: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- & Transportkosten – Massivbauweise – Blatt 1

**SCHRITT 5**

## BERECHNUNG DER ENTKERNUNGSKOSTEN

Berechnung: Grad x BRI

GRAD 1	3,1 €/m3 BRI	GRAD	BRI	ENTKERNUNGSKOSTEN
GRAD 2	4,65 €/m3 BRI	4,65	736	3422,73

**SCHRITT 6**

## BERECHNUNG DER ABRUCHKOSTEN

Berechnung: Faktor (Bauweise / Abbruchart) x BRI

BAUWEISE	SELEKTIVER ABRUCH GRAD 1 €/ m3 BRI	SELEKTIVER ABRUCH GRAD 2 €/ m3 BRI	DEMOLIERUNG €/ m3 BRI
<input checked="" type="checkbox"/> Beton-Massivbau	5,14	7,71	3,00
<input type="checkbox"/> Stahl-Fachwerk-Gebäude	10,28	15,42	3,00

FAKTOR	BRI	ABBRUCHKOSTEN
5,14	736	3783,41

**SCHRITT 7**

## BERECHNUNG DER TRANSPORTKOSTEN

EUR / m3 BRI	BRI	TRANSPORTKOSTEN
2,5	736	1840,18

**SCHRITT 8**

## BERECHNUNG DER ENTSORGUNGSKOSTEN

	BRI m3	FAKTOR lt. Schritt 1	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSFAKTOR lt. Tabelle 21&22	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSPREISE je Tonne in EUR	ENTSORG- UNGSPREISE in EUR
ENTSORGUNGSKOSTEN BETON	736,00	0,369	271,58	0,75	203,69	9,56	1.947,26
ENTSORGUNGSKOSTEN ZIEGEL	736,00	0,050	36,80	0,75	27,60	9,56	263,86
ENTSORGUNGSKOSTEN HOLZ	736,00	0,002	1,47	0,90	1,32	71,69	94,97
ENTSORGUNGSKOSTEN METALLE	736,00	0,006	4,42	0,90	3,97	-35,85	-142,48
ENTSORGUNGSKOSTEN SONSTIGES	736,00	0,002	1,47	*	66,23	14,93	988,85
ENTSORGUNGSKOSTEN RESTABFALL	736,00	0,002	1,47	**	14,40	209,08	3.009,95
						GESAMT:	6.162,41

\* zuzüglich 21% aus der Kategorie Beton, zzgl. 21 % aus der Kategorie Ziegel

\*\* zuzüglich 4 % aus der Kategorie Beton, zzgl. 4 % aus der Kategorie Ziegel, zzgl. 10 % aus der Kategorie Metalle

**SCHRITT 9**

## BERECHNUNG DER GESAMTABBRUCHKOSTEN

KOSTENART	BETRAG IN EUR
ENTKERNUNGSKOSTEN	€ 3.422,73
ABBRUCHKOSTEN	€ 3.783,41
TRANSPORTKOSTEN	€ 1.840,18
ENTSORGUNGSKOSTEN	€ 6.162,41
<b>BESEITIGUNGSKOSTEN</b>	<b>€ 15.208,73</b>

Tabelle 46: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- &amp; Transportkosten – Massivbauweise – Blatt 2

## 7.2 Szenario 2 – Holzleichtbauweise

Das Szenario 2 beschreibt die Konstruktionsweise des IBO-Modell-Einfamilienhauses in Holzleichtbauweise. Somit sollen die Unterschiede der Bauteile durch die Wahl der Konstruktionsweisedargestellt werden. Die Bauteilelemente dieser Bauweise werden in Tabelle 47 dargestellt.

LEICHTBAUWEISE		BAUSTOFF	DICKE Meter	MASSE kg/m <sup>2</sup>	MASSE kg Gesamt	MASSE kg / m <sup>3</sup> BfI
AUSSENWAND	Fassadenbekleidung	Schnittholz L tech.trock. Gehobelt	0,0250	15,75	3150	4,75
		Schnittholz Fi rauh, techn.trock.	0,0500	3,75	750	1,13
		Polyethylenbahn Außenwand	-	0,08	16	0,02
	Tragschicht	Schnittholz Fi rauh, techn.trock.	0,1000	5,00	1000	1,51
		Glaswolle	0,1000	1,80	360	0,54
		Schnittholz Fi rauh, techn.trock.	0,2000	16,50	3300	4,98
		Glaswolle	0,2000	3,34	668	1,01
	Beplankung	OSB-Platte OSB 3 MUPF/PMDI	0,0180	11,65	2330	3,51
		Schnittholz Fi rauh, techn.trock.	0,1000	5,00	1000	1,51
	Vorsatzschale	Glaswolle	0,1000	1,80	360	0,54
		Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,0300	25,50	5100	7,69
		Stahl niedriglegiert	-	0,50	100	0,15
GESAMT				90,67	18134	27,35
INNENWAND	Beplankung	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,025	10,63	1275,6	1,92
		Stahlblech, verzinkt	-	1,50	180	0,27
	Dämmung	Glaswolle	0,075	1,50	180	0,27
	Beplankung	Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,025	10,63	1275,6	1,92
	Verbindung	Stahl niedriglegiert	-	0,20	24	0,04
	GESAMT			24,46	2935,2	4,43
FLACHDACH	Umkehrdachschiicht	Kies	0,06	108,00	8577,36	12,94
		Polystyrol (XPS)	0,08	3,04	241,4368	0,36
		Polymerbitumen-Dichtungsbahn	-	8,60	683,012	1,03
	Warmdachschiicht	Spanplatte V100 PF	0,018	15,00	1191,3	1,80
		Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,30	3,60	285,912	0,43
		Glaswolle	0,30	0,40	31,768	0,05
		Spanplatte V100 PF	0,018	12,24	972,1008	1,47
	Dampfsperre	Alu-Dampfsperre	-	0,20	15,884	0,02
		Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,05	2,50	198,55	0,30
	Vorsatzschale	Glaswolle	0,05	0,90	71,478	0,11
		Gipskartonplatte (Flammschutz)	0,03	25,50	2025,21	3,05
		Stahl niedriglegiert	-	0,50	39,71	0,06
GESAMT				180,48	14333,722	21,62
GESCHOSSDECKEN	Belag	Massivparkett verklebt	0,01	7,45	1054,175	1,59
		Parkettkleber	-	1,00	141,5	0,21
	Estrich	Estrichbeton	0,05	100,00	14150	21,34
		Polyethylenbahn	-	0,20	28,3	0,04
	Dämmschicht	Glaswolle Trittschall	0,03	2,04	288,66	0,44
		Splittschttung (zementgebunden)	0,05	81,50	11532,25	17,39
		Polyethylenbahn	-	0,20	28,3	0,04
		OSB-Platte OSB 3 MUDF/PMDI	0,022	14,23	2013,545	3,04
	Tragschicht	Schnittholz Fi rauh, tech.trock.	0,22	16,50	2334,75	3,52
		Glaswolle MW-WF	0,08	1,36	192,44	0,29
		OSB-Platte OSB 3 MUDF/PMDI	0,022	14,23	2013,545	3,04
	Vorsatzschale	Glaswolle MW-WF	0,04	0,80	113,2	0,17
Federschiene		-	1,70	240,55	0,36	
Gipskartonplatte		0,03	27,00	3820,5	5,76	
Stahl niedriglegiert		-	0,25	35,375	0,05	
GESAMT				268,46	37987,09	57,30

Tabelle 47: Bauteilelemente der Holzleichtbauweise<sup>198</sup>

<sup>198</sup> Mtzl, Hildegund; u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 4

---

## 7.2.1 Rückbau

Dieses Unterkapitel widmet sich dem Thema des Rückbaus der Bauteile der Holzleichtbauweise. Hier werden die Prozesse des Rückbaus der Bauteilelemente Außenwände, Innenwände, Flachdach und Geschoßdecke dargestellt.

### Außenwände

Die Bestandteile der Leichtbauweise sind komplett voneinander trennbar und können somit relativ einfach demontiert werden.<sup>199</sup>

### Innenwände

Alle Bestandteile der Leichtbauweise können voneinander getrennt abgebaut werden.<sup>200</sup>

### Flachdach

Beim Rückbau kann der Kies und das XPS durch deren losen Einbau relativ einfach ausgebaut und abgeräumt werden. Durch die mechanische oder verklebte Verbindung von Bitumenbahn und Alu-Dampfsperre können diese Bestandteile nur zusammen entfernt werden. Die anderen Bauteilschichten des Flachdachs können voneinander getrennt ausgebaut werden.<sup>201</sup>

### Geschoßdecke

Im ersten Arbeitsschritt wird das Parkett vom Estrich geschrammt. Durch diese Methode bleibt ein Rückstand von circa 1 Millimeter auf dem Estrich. Der Estrich wird zusammen mit der PE-Folie, mit der sich der Estrich beim Einbau verbunden hat, ausgebaut. Die anderen Materialien dieses Bauteils können nacheinander ausgebaut werden.<sup>202</sup>

## 7.2.2 Entsorgung

Im folgenden Unterkapitel wird die Annahme der Entsorgung von den Bauteilen der Holzleichtbauweise getätigt.

---

<sup>199</sup> Vgl: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 5

<sup>200</sup> Vgl: : Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 6

<sup>201</sup> Vgl: : Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 8

<sup>202</sup> Vgl: : Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 10

**Außenwände**

Die Fassadenverkleidung und die Lattungen werden in der MVA verwertet. Die Steher werden recycelt und Glaswolle, Gipskarton sowie die Verbindungen werden deponiert.<sup>203</sup>

**Innenwände**

Gipskartonplatten, Glaswolle und die Verbindungen werden deponiert. Die Stahlteile werden dem Recycling zugeführt.<sup>204</sup>

**Flachdach**

Die Sparren werden dem Recycling zugeführt. Glaswolle, Gipskarton sowie die Verunreinigungen werden deponiert. XPS-Dämmplatten, Spanplatten mit Polymerbitumen-Rückständen, Spanplatten mit Alu-Dampfsperren-Rückständen und Lattungen werden in der MVA verbrannt.<sup>205</sup>

**Geschoßdecke**

Der verunreinigte Estrich, Splittschüttung, Glaswolle, Gipskarton und die Verunreinigungen werden auf die Deponie verbracht. Das Parkett und die weiteren Holzwerkstoffe werden in der MVA verbrannt. Die Steher und die Federschienen werden dem Recycling zugeführt.<sup>206</sup>

---

<sup>203</sup> Vgl.: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 5

<sup>204</sup> Vgl.: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 6

<sup>205</sup> Vgl.: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 8

<sup>206</sup> Vgl.: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4 2009; S. 10

### 7.2.3 Massenbilanz Szenario 2 - Holzleichtbauweise

Nachstehend wird in Tabelle 48 die Massenbilanz der Holzleichtbauweise des IBO-Modell-Einfamilienhauses aufgezeigt. Es sind die drei Verwertungen nach dem Abbruch ersichtlich. Diese Verwertungen sind die Deponierung, das Recycling und die thermische Verwertung.

ENTSORGUNGSWEG	FRAKTION	MASSE IN KG	GESAMT	PROZENT der Entsorgungsweise	KG / m3 BRI	KG / BRI
DEPONIERUNG	Beton (bewehrt) auf Deponie	36.340,00		23,65	54,81	
	Beton auf Deponie	25.280,00		16,45	38,13	
	BRM auf Deponie	72.527,00		47,20	109,39	
	BRM auf Deponie / metall V.	203,00		0,13	0,31	
	BRM auf Deponie / organ V.	2.223,00		1,45	3,35	
	Fensterglas auf Deponie	210,00		0,14	0,32	
	Gips auf Deponie	14.302,00		9,31	21,57	
	Glaswolle auf Deponie	2.559,00		1,67	3,86	
DEPONIERUNG GESAMT			153.644,00	100,00	231,74	
Prozent von Gesamtmenge			60,29	-		
RECYCLING	Aluminium zu Recycling	248,00		0,29	0,37	
	Armierungsstahl zu Recycling	3.945,00		4,56	5,95	
	Beton (bewehrt) zu Recycling	36.340,00		41,96	54,81	
	Beton zu Recycling	7.900,00		9,12	11,92	
	Fensterglas zu Recycling	210,00		0,24	0,32	
	Holz zu Recycling	7.789,00		8,99	11,75	
	Kies zu Recycling	29.862,00		34,48	45,04	
	Stahlblech, verzinkt zu Recycling	180,00		0,21	0,27	
	Stahlverbund zu Recycling	134,00		0,15	0,20	
RECYCLING GESAMT			86.608,00	100,00	130,63	
Prozent von Gesamtmenge			33,99	-		
THERMISCHE VERWERTUNG	Aluminium in MVA	16,00		0,11	0,02	
	Beschichtetes Holz in MVA	1.307,00		8,96	1,97	
	Bitumen in MVA	679,00		4,65	1,02	
	Holz in MVA	4.098,00		28,09	6,18	
	Holzwerkstoff in MVA	6.512,00		44,64	9,82	
	Papier in MVA	12,00		0,08	0,02	
	PO in MVA	58,00		0,40	0,09	
	PS in MVA	1.905,00		13,06	2,87	
THERMISCHE VERWERTUNG GESAMT			14.587,00	100,00	22,00	
Prozent von Gesamtmenge			5,72	-		
MENGE GESAMT			254.839,00		384,37	

Tabelle 48: Massenbilanz der Entsorgung - Holzleichtbauweise<sup>207</sup>

In Abbildung 31 sind die prozentuellen Anteile der Entsorgungswege des Modellhauses in Holzleichtbauweise aufgezeigt. Es ist ersichtlich, dass der Anteil der Deponierung mit 60 Prozent sehr hoch ist. 34 Prozent des Aufkommens sind recyclingfähig und 6 Prozent können in einer Müllverbrennungsanlage thermisch verwertet werden.

<sup>207</sup> Weiterentwickelt aus: Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009; S. 47

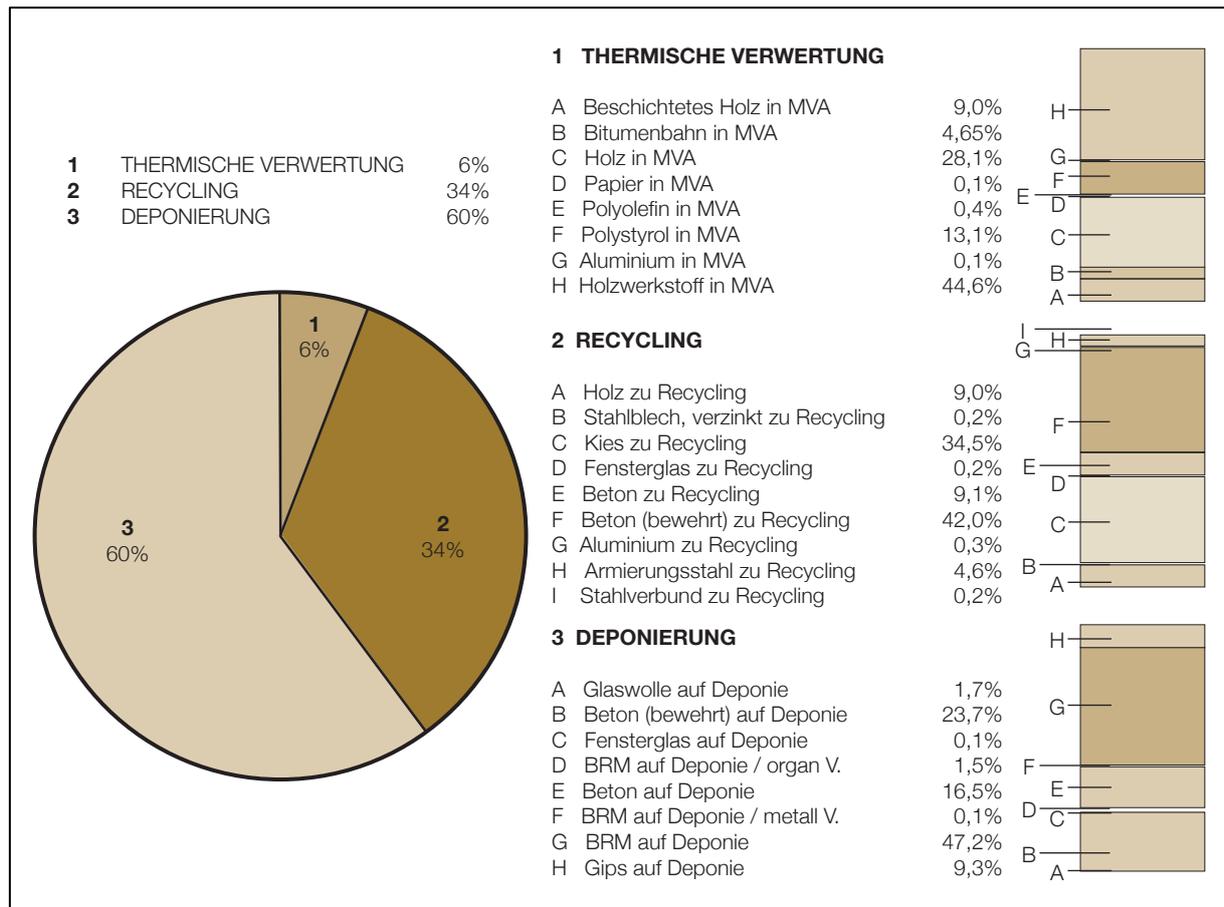


Abbildung 31: Anteile der Entsorgungswege – Holzleichtbauweise

## 7.2.4 Kosten

Dieses Unterkapitel schlüsselt die anfallenden Kosten für die Entsorgung des IBO-Modell-Einfamilienhauses auf. Als Datengrundlage werden die Ergebnisse des Kapitel 5 angenommen. Diese gewonnenen Informationen werden mit den Daten des IBO-Modell-Einfamilienhauses adaptiert.

Um die Berechnung der Abbruchkosten zu ermöglichen, müssen folgende Annahmen getätigt werden:

<b>BRI:</b>	736 m <sup>3</sup>
<b>Bauweise:</b>	Holz-Leichtbauweise
<b>Abbruchweise:</b>	teilselektiver Abbruch (Abbruch Grad 1)
<b>Entkernungsgrad:</b>	2

Tabelle 49 und Tabelle 50 stellen die Entkernungs-, Abbruch-, Transport- und Entsorgungskosten aufgrund des BRI dar.

<b>SCHRITT 1</b>						
WAHL DES GEBÄUDETYP						
GEBÄUDE TYP	BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)
<input type="checkbox"/> Massivbau vor 1918	0,125	0,214	0,008	0,007	0,002	0,001
<input type="checkbox"/> Massivbau 1918 bis 1948	0,116	0,224	0,009	0,006	0,004	0,002
<input type="checkbox"/> Massivbau ab 1949	0,137	0,206	0,008	0,003	0,015	0,003
<input type="checkbox"/> Holz-Fachwerkhaus	0,036	0,238	0,028	0,003	0,004	0,001
<input type="checkbox"/> Stahlbeton-Skelettbau	0,230	0,006	0,004	0,002	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Beton-Massivbau	0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002
<input checked="" type="checkbox"/> Holzleichtbauweise	0,074	0,010	0,037	0,009	0,100	0,020

<b>SCHRITT 2</b>					
MATERIALZUSAMMENSETZUNG DES GEBÄUDES					
BETON (t/m <sup>3</sup> BRI)	ZIEGEL (t/m <sup>3</sup> BRI)	HOLZ (t/m <sup>3</sup> BRI)	METALLE (t/m <sup>3</sup> BRI)	RESTABFALL (t/m <sup>3</sup> BRI)	SONSTIGES (t/m <sup>3</sup> BRI)
0,074	0,010	0,037	0,009	0,100	0,020

<b>SCHRITT 3</b>				
BERECHNUNG DES BRUTTORAUMINHALT (BRI)				
Berechnung: Länge x Breite x Höhe = Volumen				
LÄNGE (Meter)	BREITE (Meter)	HÖHE (Meter)	VOLUMEN (Meter)	
VOLUMEN KELLER	8,65	9,15	2,95	233,49
VOLUMEN GESCHOSSE	8,65	9,15	3,1	245,36
VOLUMEN DACH	8,65	9,15	3,25	257,23
GESAMT				736 m <sup>3</sup>

<b>SCHRITT 4</b>					
MASSEN DER WESENTLICHEN MATERIALIEN DES GEBÄUDES					
Berechnung: Materialgruppe x BRI					
BETON (Tonnen)	ZIEGEL (Tonnen)	HOLZ (Tonnen)	METALLE (Tonnen)	RESTABFALL (Tonnen)	SONSTIGES (Tonnen)
54,32	7,36	27,16	6,62	73,61	14,72

<b>SCHRITT 5</b>					
BERECHNUNG DER ENTKERNUNGSKOSTEN					
Berechnung: Grad x BRI					
GRAD 1	3,1 €/m <sup>3</sup> BRI	GRAD	BRI	ENTKERNUNGSKOSTEN	
GRAD 2	4,65 €/m <sup>3</sup> BRI	4,65	736	3422,73	

Tabelle 49: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- & Transportkosten – Holzleichtbauweise – Blatt 1

SCHRITT 6			
BERECHNUNG DER ABRUCHKOSTEN			
Berechnung: Faktor (Bauweise / Abbruchart) x BRI			
BAUWEISE	SELEKTIVER ABRUCH GRAD 1 €/ m3 BRI	SELEKTIVER ABRUCH GRAD 2 €/ m3 BRI	DEMOLIERUNG €/ m3 BRI
<input type="checkbox"/> Beton-Massivbau	5,14	7,71	3,00
<input checked="" type="checkbox"/> Holz-Leichtbauweise	10,28	15,42	3,00
	FAKTOR	BRI	ABBRUCHKOSTEN
	10,28	736	7566,82

SCHRITT 7		
BERECHNUNG DER TRANSPORTKOSTEN		
	EUR / m3 BRI	TRANSPORTKOSTEN
	2,5	1840,18
	BRI	
	736	

SCHRITT 8							
BERECHNUNG DER ENTSORGUNGSKOSTEN							
	BRI m3	FAKTOR lt. Schritt 1	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSFAKTOR lt. Tabelle 25&26	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSPREISE je Tonne in EUR	ENTSORG- UNGSPREISE in EUR
ENTSORGUNGSKOSTEN BETON	736,00	0,074	54,32	0,75	40,74	9,56	389,45
ENTSORGUNGSKOSTEN ZIEGEL	736,00	0,010	7,36	0,75	5,52	9,56	52,77
ENTSORGUNGSKOSTEN HOLZ	736,00	0,037	27,16	0,90	24,44	71,69	1.752,29
ENTSORGUNGSKOSTEN METALLE	736,00	0,009	6,62	0,90	5,96	-35,85	-213,72
ENTSORGUNGSKOSTEN SONSTIGES	736,00	0,100	73,60	*	86,55	14,93	1.292,22
ENTSORGUNGSKOSTEN RESTABFALL	736,00	0,020	14,72	**	20,57	209,08	4.299,80
						GESAMT:	7.572,81

\* zuzüglich 21% aus der Kategorie Beton, zzgl. 21% aus der Kategorie Ziegel  
 \*\* zuzüglich 4% aus der Kategorie Beton, zzgl. 4% aus der Kategorie Ziegel, zzgl. 10% aus der Kategorie Metalle

SCHRITT 9	
BERECHNUNG DER GESAMTABBRUCHKOSTEN	
KOSTENART	BETRAG IN EUR
ENTKERNUNGSKOSTEN	€ 3.422,73
ABBRUCHKOSTEN	€ 7.566,82
TRANSPORTKOSTEN	€ 1.840,18
ENTSORGUNGSKOSTEN	€ 7.572,81
<b>BESEITIGUNGSKOSTEN</b>	<b>€ 20.402,54</b>

Tabelle 50: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- &amp; Transportkosten – Holzleichtbauweise – Blatt 2

### 7.3 Vergleich der Szenarien

In diesem Unterkapitel findet ein Vergleich von Szenario 1 - Massivbauweise und dem Szenario 2 - Holzleichtbauweise statt. Ausgangspunkt für diese Analyse sind die erhobenen Daten der beiden Szenarien in den Kapiteln davor.

Bei der Betrachtung der zu Entsorgenden Fraktionen fällt auf, dass bei dem Massivbau circa 100 Tonnen mehr Restmassen anfallen. Es fallen aber nur 2 Prozent der Gesamtmenge für die thermische Verwertung an. Im Vergleich bei der Leichtbauweise sind es 6 Prozent. Bei der Massivbauweise fallen 8,1 Tonnen an und bei der Leichtbauweise 14,6 Tonnen. Bei den Recyclingmassen fallen beim Massivbau über 200 Tonnen Restmassen an. Bei der Leichtbauweise sind es hingegen circa 86 Tonnen. Bei der massiven Bauweise beträgt der Wert somit mehr als 50 Prozent, im Vergleich dazu ist das Verhältnis bei der Leichtbauweise mit 34 Prozent eher gering. Bei der Deponierung gibt es nahezu keine Massendifferenzen, dies gibt nur den prozentuellen Wertunterschied von Massivbauweise 2 Prozent und Leichtbauweise 6 Prozent. Somit kann man den Rückschluss ziehen, dass beim Massivbau weitaus größere prozentuelle Materialanteile recycelt werden können, im Gegensatz zum Leichtbau, hier ist die Größte Gruppe die Deponierung. Dies ist in der Tabelle 51 dargestellt.

ENTSORGUNGSWEG	MASSIVBAUWEISE	ANTEIL	HOLZLEICHTBAUWEISE	ANTEIL
Thermische Verwertung	8.142,00	2%	14.587,00	6%
Recycling	202.882,00	56%	86.608,00	34%
Deponierung	150.220,00	42%	153.644,00	60%
Gesamt	361.244,00	100%	254.839,00	100%

Tabelle 51: Gegenüberstellung Entsorgungswege Massivbauweise - Holzleichtbauweise (Angaben in Kilogramm)

#### 7.3.1 Kosten

Im direkten Vergleich der Gesamtrückbaukosten sind die Kosten bei dem Massivbau-Szenario geringer als bei den Kosten der Holzleichtbauweise, obwohl die Leichtbauweise circa 100 Tonnen weniger Restmassen beinhaltet. Dies ist durch das Anfallen von höheren Massen in der thermischen Verwertung, Deponierung und den höheren Rückbaukosten zurückzuführen. Die Kosten des Massivbaus sind niedriger, obwohl in diesem circa 100 Tonnen mehr Masse enthalten sind. Dies ist auf das Verhältnis Recyclingmasse zu Deponierungsmasse und den höheren Rückbaukosten der Leichtbauweise zurückzuführen. Trotz der 100 Tonnen weniger Massen, hat die Holzleichtbauweise circa die gleichen Mengen zu deponieren, 50 Prozent zu recyceln und die doppelten Rückbaukosten wie die

Massivbauweise. Somit ergeben sich deutlich weniger hohe Kosten für die Massivbauweise. Diese Werte könnten sich zugunsten der Leichtbauweise entwickeln, wenn ein größerer Anteil statt deponiert zu werden, thermisch verwertet wird. Der größte Kostenunterschied liegt in den Rückbaukosten. Dies ist auf die aufwendigeren Konstruktionen und die somit länger dauernden Rückbauarbeiten zurückzuführen. Um hier den Rückbau kostengünstiger betreiben zu können, muss die Konstruktionsweise in der Planung und Ausführung unkompliziert gehalten werden. Je einfacher und schneller der Abbau der Konstruktionselemente vollzogen werden kann, desto günstiger wird diese Kostengruppe.

PROZESSKOSTEN	MASSIVBAUWEISE	KOSTEN €/m <sup>3</sup> BRI	HOLZLEICHTBAUWEISE	KOSTEN €/m <sup>3</sup> BRI
Entkernungskosten	€ 3.422,72	4,65	€ 3.422,72	4,65
Rückbaukosten	€ 3.783,41	5,14	€ 7.566,82	10,28
Transportkosten	€ 1.840,18	2,50	€ 1.840,18	2,50
Entsorgungskosten	€ 6.162,41	8,37	€ 7.572,81	10,29
<b>GESAMT</b>	€ 15.208,72	20,66	€ 20.402,53	27,72

Tabelle 52: Gegenüberstellung Gesamtabbruchkosten Massiv- und Holzleichtbauweise

## 8 Conclusio

Die Materialzusammenstellung hat sich in den letzten 100 Jahren stark verändert. Dies ist auf die derzeitigen technischen Mittel und dadurch gestiegenen Anforderungen an Gebäude zurückzuführen. Vor einhundert Jahren waren die Hauptbestandteile von Gebäuden Ziegel und Naturstein. Dies hat sich insofern geändert, als dass der Naturstein nahezu komplett als Baustoff verdrängt wurde. Die derzeit größten Anteile an Massivbauten sind Beton und Ziegel. Technologische Weiterentwicklungen wie Holzbauten, waren vor 100 Jahren im städtischen Bereich kaum denkbar. Hier ist auf die derzeitige Entwicklung von Wärmedämmverbundsystemen zu achten. Der Einbau von Styropordämmungen ist auf den ersten Blick sehr positiv, da sich sowohl Heizkosten, als auch die dadurch verbundenen CO<sub>2</sub> Emissionswerte einsparen lassen. Genauer betrachtet stellt sich allerdings heraus, dass es nach Ablauf des Lebenszyklus dieser Materialgruppe zu einer Entsorgungsproblematik kommen kann. Als Beispiel sei hier Asbest genannt. Dieser Baustoff war in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts ein gern gesehener Baustoff. Mittlerweile ist nicht nur die Gewinnung, sondern auch der Einbau in Österreich, abgesehen von geringen Ausnahmen, gänzlich verboten, da der Staub dieses Baustoffs bei Menschen gesundheitliche Schäden hervorrufen kann.

Die Rückbaukosten betragen circa vier Prozent der gesamten Lebenszykluskosten. Sie sind nur für Bauwerke interessant die jetzt abgebrochen werden, da der Anteil im Verhältnis sonst zu den gesamten Kosten zu gering ist. Wenn man bei einem Einfamilienhaus, wie dem IBO-Modell, von einer wirtschaftlichen Nutzungsdauer von 50 Jahren ausgeht und die Rückbaukosten circa € 20.000.- betragen, ist der Barwert der in 50 Jahren benötigten € 20.000.- viel geringer als die prognostizierten vier Prozent der gesamten Lebenszykluskosten.

Wohngebäude werden in der Regel circa 80 - 100 Jahre genutzt bevor Investoren oder Bauherren intensive Investitionen tätigen müssen. Durch die zeitlich bedingte Veränderung vieler Parameter entsprechen Bauwerke aus vorigen Perioden oft nicht mehr heute geforderter Standards. Vor 100 Jahren waren die Baustoffe mit den größten Materialanteilen zementgebundene Baustoffe, keramische Baustoffe sowie Natur- und Kunststein. Mittlerweile ist die Verwendung von Natur- und Kunststein sehr stark zurückgegangen. Eine weitere Veränderung ist in den Massen der Gebäude zu beobachten. Bauwerke aus den Jahren um 1900 haben Massen von circa 2,4 Tonnen pro Quadratmeter Nutzfläche.

---

Einhundert Jahre später liegt dieser Wert circa bei  $1,5 \text{ to/m}^2$  Nutzfläche. Grund dafür ist der gestiegene Einbau von Leichtbauwandsystemen statt Stein oder Ziegel-Trennwänden. Darum ist ein Anstieg von gipsgebundenen Baustoffen zu bemerken. Durch die Entwicklung von Wärmedämmsystemen sind die Mauerquerschnitte wieder ähnlich breit wie vor 100 Jahren. Der Unterschied liegt aber in der schmäleren Konstruktionsweise und der verhältnismäßig breiten Wärmedämmung. Somit liegt auch hier ein Grund für die Masse-Entwicklung von Wohnobjekten.

Rückbauprozesse werden derzeit sehr kostenschonend betrieben. Je genauer ein Rückbau durchgeführt wird, desto teurer wird er. In diesem Punkt ist zwar eine größere Trennungsgenauigkeit erreichbar, aber die temporären wirtschaftlichen Kosten sind höher. Durch die geltenden Gesetze und Richtlinien spielt Österreich eine Vorreiterrolle in Europa. De facto gibt es aber erhebliches Verbesserungspotenzial, da eine große Menge an Baurestmassen deponiert werden muss.

Die Kosten bei Abbrüchen setzen sich aus vier Kostengruppen zusammen. Diese lauten Entkernungs-, Abbruch-, Transport- und Entsorgungskosten. Bei den Entkernungskosten ist es relevant wie intensiv die Entkernung durchgeführt werden soll. Der größte Anteil dieser Kostengruppe sind Personalkosten, somit kann man den Rückschluss ziehen, je intensiver und länger der Abbruch dauert, desto höher werden die Kosten. Die Abbruchkosten sind abhängig vom gewählten Verfahren des Rückbaus. Die günstigste weise den Abbruch durchzuführen ist die Demolierung, diese Art hat aber den Nachteil der geringen Trennschärfe, was zu höheren Kosten bei der Entsorgung führt. Die Transportkosten sind abhängig von der wirtschaftlichen Situation und sind praktisch täglich verschieden. Dies liegt daran, dass der Großteil der Kosten durch die Transportmittel, in der Regel LKW's, entsteht. Entsorgungskosten setzen sich aus Recycling-, Deponierungs- und thermische Verwertungskosten zusammen. Hier können große finanzielle Vorteile erarbeitet werden wenn die Trennschärfe des Abbruchs sehr hoch ist. Des Weiteren wird der Rückbau günstiger, wenn der Anteil der zu recycelnden Masse höher ist. Dies liegt daran, dass die Recyclingkosten die geringsten Kosten dieser drei Gruppen sind. Je geringer der Anteil der zu deponierenden Mengen ist, desto günstiger wird er.

Mit dem erarbeiteten Kostentool im Abschnitt 6.2 können Abbruchprozesskosten berechnet werden. Somit hat der Bauherr oder Investor eine Entscheidungshilfe für die künftige Investition. Dieses Formular ist in neun Schritte aufgeteilt und hat somit den Vorteil, dass die je Abschnitt gewonnenen Werte unabhängig voneinander aktualisiert werden können.

In der Case Study sind die Unterschiede zwischen Massivbauweise und Holz-Leichtbauweise ersichtlich. Große monetäre Unterschiede liegen in den Rückbaukosten sowie den Entsorgungskosten. Durch die komplexeren Konstruktionen sind Holz-Leichtbauweisen aufwendiger rückzubauen, was sich auf die Kosten niederschlägt. Durch die Mehrmengen bei der thermischen Verwertung fallen auch beim Endprozess höhere Kosten bei der Leichtbauweise an.

## 8.1 Empfehlungen

Den Vorschlag von Prof. Maydl<sup>208</sup>, jeden Bauteil in eine Beurteilungsliste zu integrieren, ist positiv. Die Einführung dieses Systems hätte den Vorteil, dass die Bauherren umdenken müssen. Somit würde der Umdenkprozess nicht nur bei den Behörden, Gesetzgebern und einigen Randgruppen stattfinden, sondern auch die Allgemeinheit erreichen. Durch dieses Beurteilungssystem wird es höchstwahrscheinlich zu Konflikten mit den Produktherstellern geben, deren Produkte in diesem Ranking schlechte Bewertungen erhalten. Eine intensivere Einbindung der Öffentlichkeit in diese Thematik sehe ich als äußerst sinnvoll an.

Der Bundesabfallwirtschaftsplan steuert mit der Abfallvermeidungs- und Verwertungsstrategie in die richtige Richtung. Im Zuge dieser Arbeit habe ich den guten Willen aller Beteiligten erlebt und schlage einen regelmäßigen „Round-Table“ mit Vertretern des Gesetzgebers, Sammlern, Verwertern und „Opinion-Leadern“ der Bevölkerung vor, um die gemeinsamen Interessen besser vereinen zu können.

Die in Abschnitt 5 erarbeiteten Kennzahlen sind nur ein kleiner Teil des Prozesses, der von allen Beteiligten vollzogen werden sollte. Ein regelmäßiges Reporting von Rückbauten und Rückbauten, sowie die Erarbeitung eines daraus resultierenden Maßnahmenkatalogs, ist erstrebenswert. Mit den daraus gewonnen Werten kann man nicht nur den gesamten Ablauf und somit auch die Kosten viel genauer definieren, sondern auch früh genug etwaige Trends erkennen und rechtzeitig agieren. Problematiken sehe vor allem bei der korrekten Angabe von Mengenwerten der Sammler und Entsorger. Hier muss in regelmäßigen Abständen ein intensiveres Controlling der zuständigen Behörden durchgeführt und mit härteren Sanktionen gearbeitet werden. Die Entwicklung geht zwar in die richtige Richtung, muss aber noch wesentlich konsequenter praktiziert werden.

---

<sup>208</sup> Verweis auf: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005

In den zyklisch stattfindenden Reportings wird das Abfallvorkommen regelmäßigen Reviews unterzogen. Es sollte angedacht werden, Angebote sowie Abrechnungen von Sammlern und Entsorgern für eine ausgewählte Fachgruppe zur Verfügung zu stellen. Somit kann der Verlauf von Rückbaukosten jederzeit genau nachvollzogen werden. Dieses System könnte innerhalb kürzester Zeit viele relevante Kennwerte über den genauen Verbleib von Baurestmassen zur Verfügung stellen.

Die nachfolgende Abbildung 32 stellt den Prozess der kontinuierlichen Verbesserung von Kennwerten dar.

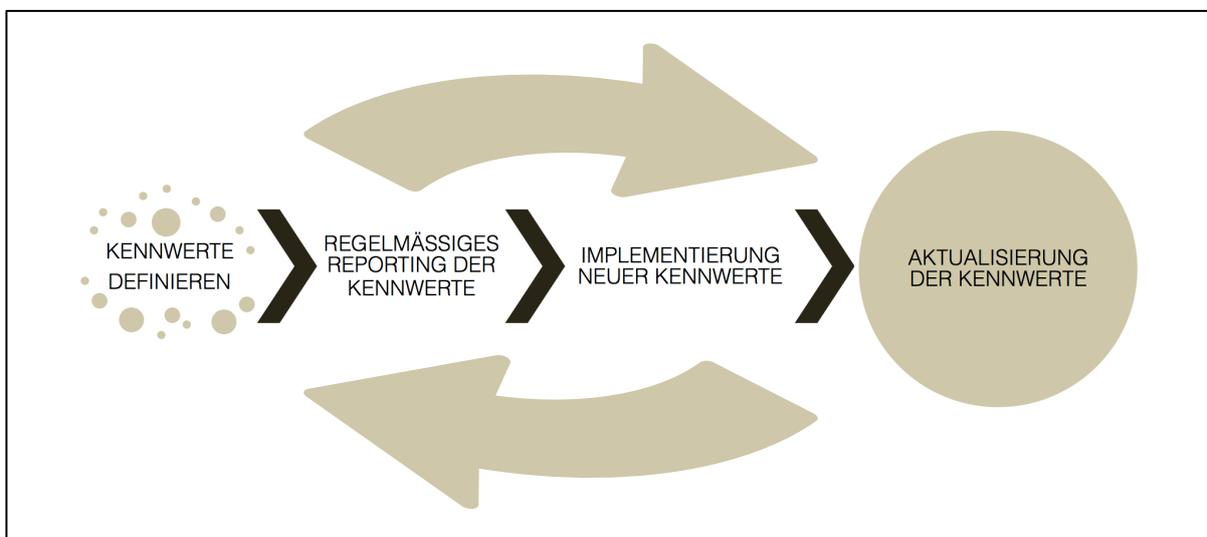


Abbildung 32: Kontinuierliche Verbesserung der Kostenkennwerte von Rückbauten

Der angestrebte Maßnahmenkatalog muss für die Phasen der Planung, Errichtung, Nutzung, Rückbau und Verwertung konzipiert werden. Nur so kann die optimale Wirkung über den gesamten Lebenszyklus von Objekten erreicht werden. Eine nachhaltige Wirkung erfordert die Einbindung aller betroffenen Akteure. Diese sind unter anderem Planer, Bauunternehmen, Baustoffindustrievertreter, gesetzliche Vertreter, Abbruchunternehmen, Vertreter der Abfallwirtschaft sowie Vertreter von Bauherren.

Der Maßnahmenkatalog könnte in vier Kategorien eingeteilt werden, um die Eingliederung aller Akteursgruppen zu sichern.

1. Es sollte die Konzipierung und Planung der Objekte angedacht werden. Möglichkeiten wären beispielsweise das Einführen eines Gebäudepasses, die

---

Anpassung des Förderungssystems sowie eine Verpflichtung zum Einsatz von Recyclingstoffen bei öffentlichen Bauprojekten.

2. Das Maßnahmenbündel, welches sich daraus ergibt, sollte als Fokus die Ausführung der Objekte haben. Konsequente Schritte wären zum Beispiel die verpflichtende Zusammenarbeit zwischen Ausführenden und Bau- bzw. Abfallbehörde und die Förderung für den Einbau von zertifizierten Recyclingbaustoffen.
3. Die Maßnahmen in der Nutzungsphase können nur vom Objektnutzer gesteuert werden. Hier sollte das aktuelle Förderungssystem der Länder Maßnahmen ergreifen, welche nachhaltige Investitionen stärker fördern.
4. In der Rückbauphase sollten schlussendlich Abbruchbescheide für jeden etwaigen Rückbau verpflichtend eingeführt werden. Des Weiteren sollte das bereits angesprochene Controlling der Behörden stärker forciert werden, um die Qualitätsstandards von Recyclingbaustoffen gewährleisten zu können.

In der Phase des Endprozesses sollte für Recyclingbaustoffe ein Deponierungsverbot verabschiedet werden. Hier könnten Verpflichtungen zum Einbau von Recyclingbaustoffen den Fortschritt verbessern.

## 9 Anhang

Im Anhang sind Daten angefügt die für die Arbeit nicht direkt relevant sind, aber dennoch Einfluss auf diese Thematik haben. Des Weiteren werden Abbildungen und Tabellen ganzseitig dargestellt, die in der Arbeit nicht ganzseitig dargestellt werden konnten.

### 9.1 Technische Lebensdauer

Durch die Abhängigkeiten zwischen wirtschaftlicher und technischer Lebensdauer wird nachfolgend die technische Lebensdauer erläutert.

Einfluss auf die technische Lebensdauer haben nicht austauschbare, tragende Bauteile sowie Wände und Fundamente. Kurzlebigere Ausbauteile werden im Laufe des Lebenszyklus mindestens einmal ersetzt. Diese Austauschverfahren bewirken aber keine Verlängerung der technischen Lebensdauer des Bauwerks. Sie sind nötig, um diese zu erreichen.

GEBÄUDETYP	LEBENSDAUER F.Rath & J.Rath	LEBENSDAUER Rossman & Brachmann&Holzner
Holzbaracken (auf Fundamenten)	20-30 Jahre	20-30 Jahre
Garagen (einfache Ausführung, massiv)	40-60 Jahre	20-30-40 Jahre
Schuppen & landwirtschaftliche Lagerhäuser		
Leichtbau - Holz, Stahl	30-60 Jahre	30-40 Jahre
Massiv oder Fachwerk	80-100 Jahre	40-60 Jahre
Wirtschafts- & Stallgebäude (Holz/massiv)	60/80-100 Jahre	k.A.
Supermärkte	k.A.	30-40 Jahre
Einkaufszentren (Stahlbeton)	k.A.	40-60 Jahre
Industriehallen		
Holz o. Stahlfachwerk (m. leichter Außenhaut/Ausfachung)	50-60 Jahre	30-40/40-50 Jahre
Massiv oder Stahl	80 Jahre	60-80 Jahre
Büro- Geschäfts- und Wohnhäuser		
Einfache Ausführung (ländlich)	80-100 Jahre	60-80 Jahre
Normale Ausführung (städtisch, massiv-Stahlbeton)	100 Jahre	80-100 Jahre
Bessere Ausführung	100-120 Jahre	100-150 Jahre
Monumentalbauten	150 Jahre	>150-200 Jahre

Tabelle 53: Technische Lebensdauer von Gebäuden<sup>209</sup>

Die technische Lebensdauer eines Bauwerks endet mit dem Zeitpunkt, wenn der Bauteil die geforderten Eigenschaften nicht mehr erfüllen kann und Reparaturen oder Adaptionen aus

<sup>209</sup> Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 23

technischer Sicht nicht mehr sinnvoll oder machbar sind. Die unterschiedlich langen Lebensdauern der Grundbaustoffe werden durch die Bauweisen und deren Bauart beeinflusst. Daher resultieren bei unterschiedlichen Gebäudetypen verschieden lange technische Lebensdauern.

### **Hauptfaktoren der Lebensdauer**

Die Hauptfaktoren der Lebensdauer sind die Dauerhaftigkeit des Rohbaus, welche von der Qualität der Planung und Bauweise abhängt. Weitere Faktoren sind die Qualität der Ausführung, die laufende Unterhaltung des Gebäudes und die äußeren Einflüsse. Dies können zum Beispiel Schadstoffe in der Atmosphäre, aggressive Wässer und Erschütterungen durch Schwerverkehr sein.<sup>210</sup>

### **Technische Lebensdauer von Neubauten**

Die Tabelle 53 behandelt Gebäude, die bereits gebaut wurden. Sie muss für Neubauten etwas relativiert werden. So wird sich bei genauer Betrachtung bestätigen, dass sich die Ausführungsqualität der Gebäude im Vergleich zu den bestehenden Gebäuden in vielen Fällen verringert hat.<sup>211</sup>

Ein sehr wichtiger Faktor ist Zeit. Heutzutage werden die Bauzeiten immer kürzer und die Ausführenden sind vermehrt dazu gezwungen auf Fertigteile zurückzugreifen. Ein Grund für die veränderten Lebensdauern ist auf die weniger massive Bauweise von Rohbauten zurückzuführen. Kurze Bauphasen drängen zur Verwendung und zum Einbau von Fertigteilen. Weiters werden aufgrund der technischen Planungsmöglichkeiten die Entwürfe technisch aufwendiger und komplexer. Ein prägnantes Beispiel zu dieser Thematik ist der Vergleich von komplizierten Aufhängesystemen von vorgehängten Glasfassaden zu einer konventionell verputzten Ziegelwand. Zunehmende Technisierung hat zur Folge, dass sich die Lebensdauer extrem verkürzt. In den USA wird bei Bürogebäuden eine Lebensdauer von 20-25 Jahren angenommen.<sup>212</sup> Hierfür gibt es 3 Einteilungen für die Lebenszyklen: den Rohbau, die gebäudetechnischen Anlagen und den Innenausbau. So wird für den Rohbau

---

<sup>210</sup> Vgl: Stempkowski, Rainer: Ausgewählte Kapitel der Bauwirtschaft - Teil Lebenszykluskosten, Skriptum, FH Joanneum, Graz, Wintersemester 2010; S. 9

<sup>211</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 22

<sup>212</sup> Vgl: Pierschke, Facilities Management, in: Schulte/Schäfers (Hrsg.) Handbuch Corporate Real Estate Management, 1998.

ein Zeitraum von 30-50 Jahren angenommen, für die gebäudetechnischen Anlagen circa 20 Jahre und für die Innenausstattung lediglich nur 5 bis maximal 10 Jahre.<sup>213</sup>

Zur besseren Darstellung dieses Sachverhalts dienen die folgende Tabelle und Abbildung.

LEBENSZYKLUSART	DAUER D. LEBENSZYKLUS
Rohbau	30-50 Jahre
gebäudetechnische Anlagen	20 Jahre
Innenausbau	5-10 Jahre

Tabelle 54: Dauer des Lebenszyklus von Bürogebäuden

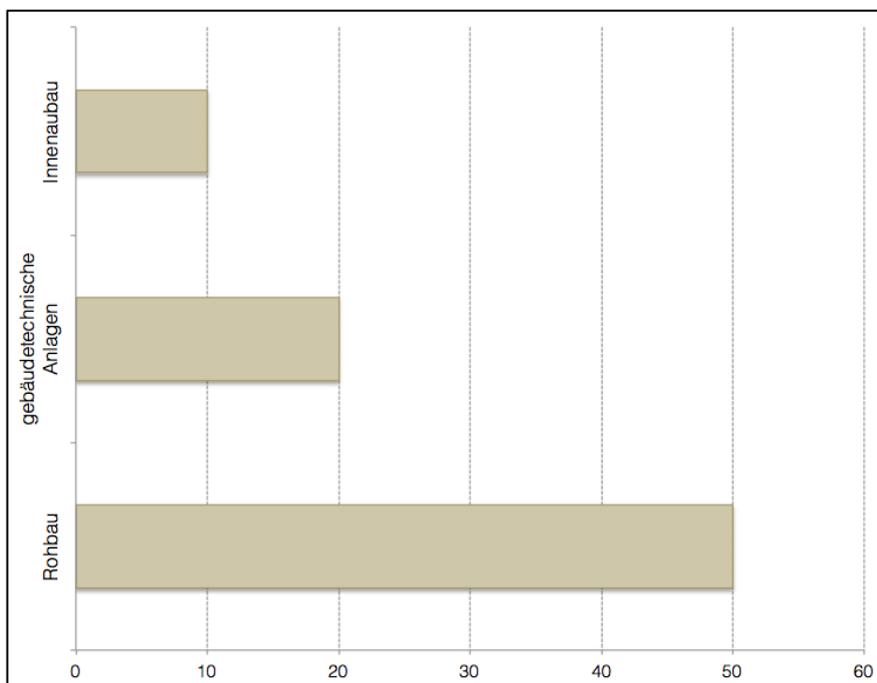


Abbildung 33: Maximale Dauer des Lebenszyklus von Bürogebäuden

<sup>213</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S.24

### Rechenmodell zur Berechnung der Lebensdauer<sup>214</sup>

Die Angaben der vorangegangenen Thesen sind empirische Werte und gehen nicht auf genauere Daten der Bauwerke ein. Hierfür bietet sich die Variante an, die fiktive technische Lebensdauer in Abhängigkeit mit den einzelnen Bauteilen zu berechnen. Hierbei wird die Einzellebensdauer jedes Bauteils in Abhängigkeit des Anteils der Baukosten gesetzt. Die Summen dieser gewichteten Einzellebensdauern ergeben die fiktive technische Gesamtlebensdauer. Dieses Verfahren wird von Ross/Brachmann/Holzner<sup>215</sup> vorgeschlagen, hierbei wird die Gesamtlebensdauer mit folgender Formel eruiert und dargestellt.

$$GLD = \frac{\sum_{i=1}^n ABK_n \cdot LD_n}{100}$$

Abbildung 34: Formel zur Berechnung der fiktiven technischen Gesamtlebensdauer<sup>216</sup>

Bedeutung:

GLD: fiktive Gesamtlebensdauer

ABK<sub>n</sub>: Anteil des Einzelbauteiles an den Gesamtbaukosten (in % )

LD<sub>n</sub>: Lebensdauer des Einzelbauteiles

n: Anzahl der Einzelbauteile

### Verkürzung der Lebensdauer

Hierbei können Tatsachen aufgedeutet werden, die negativen Einfluss auf die Lebensdauer von Bauwerken haben. Es handelt es sich um Funktionsverluste, die Einwirkung auf die Lebensdauer von Bauteilen haben. Sie sind so gegliedert wie sie in der Regel an Bauwerken auftreten:

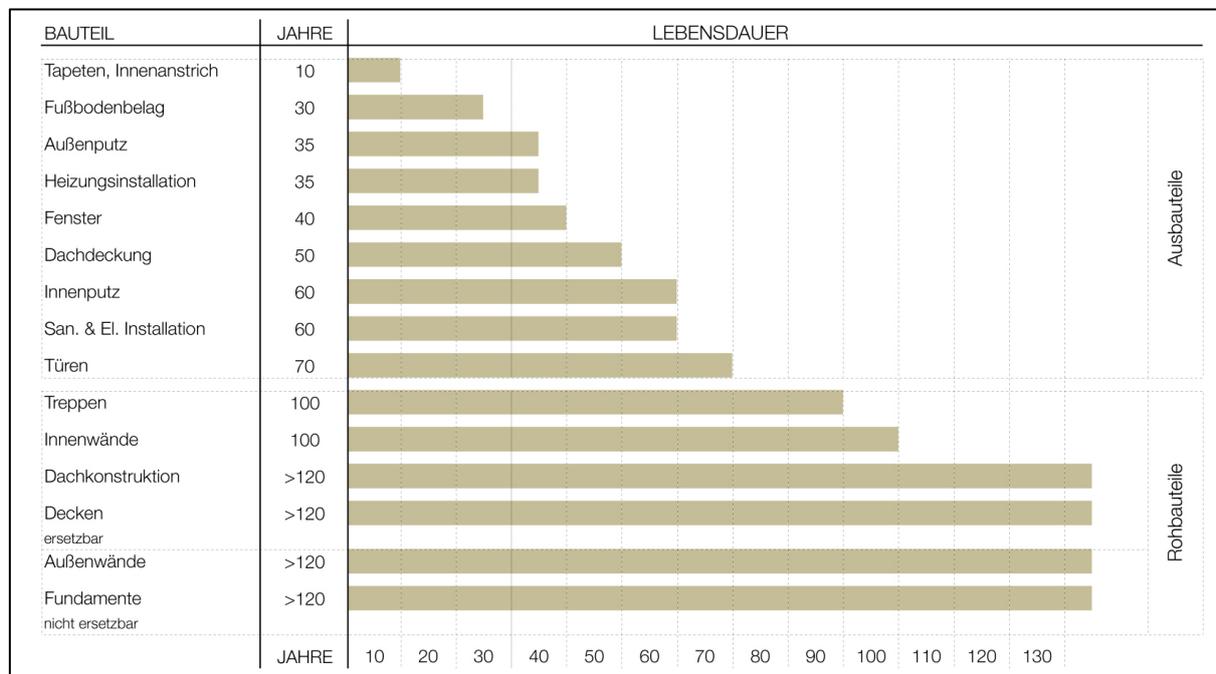
- Optische Beeinträchtigung (z.B. durch Verschmutzen von Anstrichen)
- Abnutzung (z.B. durch Witterung bei Fassaden oder mechanische Einflüsse bei Bodenbelägen)
- Änderung des technischen Standards (z.B. bei haustechnischen oder elektrischen Anlagen)

<sup>214</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000, S. 25

<sup>215</sup> Vgl: Ross/Brachmann/Holzner: Ermittlung des Bauwertes von Gebäuden und des Verkehrswertes von Grundstücken, Hanover, 1997

<sup>216</sup> Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000, S. 25

- Verminderung der Gebrauchstauglichkeit (z.B. zu große Durchbiegung, Unmöglichkeit des Anpassens an geänderte Nutzung)
- Versagen der Tragstruktur (Gefährdung von menschlichem Leben und Kapital)

Abbildung 35: Lebensdauer von Bauteilen<sup>217</sup>

Die beiden oben aufgezeigten Modelle zur Eruiierung der Lebensdauer geben einen großen Spielraum für die Berechnung der Lebensdauer. Einerseits liegen empirische Daten vor, die sehr allgemein sind, andererseits trägt die Genauigkeit der Berechnung über die Grobelemente. Die Aufteilung der Baukosten erfolgt hier zu einem Zeitpunkt in der Planungsphase, in dem die Baukosten nur geschätzt werden können. Somit ist diese Variante auch nicht genau und effektiv. Weiters ist die Annahme der Lebensdauer der einzelnen Bauteile selbst nur Annahme, wobei auch Differenzen entstehen können. Sollten jedoch genaue Definitionen ermittelt werden, muss zusätzlich zur technischen Lebensdauer auch die wirtschaftliche Lebensdauer und die Nutzungsdauer betrachtet werden.<sup>218</sup>

<sup>217</sup> Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 26

<sup>218</sup> Vgl: Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000; S. 26

## 9.2 Steiermärkische Wohnbauförderung

Wie in den Empfehlungen angedeutet, haben die Förderungen einen starken Einfluss auf die Allgemeinheit und ihre Handlungsweisen. Aus diesem Grund wird die steiermärkische Wohnbauförderung kurz erläutert um einen Überblick über diese Förderung und die derzeitigen Entwicklung darzustellen.

Es gibt verschiedene Förderungsarten in der Republik Österreich, wie zum Beispiel den Umweltlandesfonds, die Förderung von kommunalen Krediten oder die Förderungsoffensive vom Bund. Im folgenden Kapitell soll das aktuelle Wohnbauförderungssystem des Landes Steiermark aufgezeigt und näher betrachtet werden. Ziel soll es sein, einen Überblick über das Förderungssystem zu erhalten und Ihren Aufbau näher zu beschreiben. Weiters soll das derzeitige Bewertungsmodell aufgezeigt werden. Dieses Modell beurteilt Bauteile mit Ökopunkten, welche die Förderungshöhe beeinflussen. Im ersten Teil des Sub-Kapitels wird ein allgemeiner Einblick in das Förderungsgesetz gegeben. Im zweiten Teil wird das Bewertungssystem behandelt.

### 9.2.1 Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz 1993

Im steiermärkischen Wohnbauförderungsgesetz werden die Rahmenbedingungen von Förderungen des Landes Steiermark festgelegt. Es beinhaltet 8 Hauptstücke in denen z.B. die Begriffsbestimmungen oder Förderung der Sanierung von Wohnhäusern, Wohnungen, Wohnheimen und sonstigen Gebäuden behandelt werden.

Es ist festgelegt, dass das Land Steiermark die Errichtung von Wohnungen und Wohnheimen, den Ersterwerb von Eigentumswohnungen, die Sanierung von Wohnhäusern, Wohnungen und Wohnheimen, den Wohnungserwerb im Rahmen der Hausstandgründungen von Jungfamilien, Wohnumfeldverbesserung oder Maßnahmen zur Sicherung der Wohnversorgung fördert. Grundsätzlich besteht kein Anspruch auf die Gewährung von Förderungen. Es besteht erst Rechtsanspruch auf Förderungen, wenn ein Bewerber die Förderungszusicherung erhalten hat. Dies ist im ordentlichen Rechtsweg durchsetzbar.<sup>219</sup>

---

<sup>219</sup> Vgl: Land Steiermark - Fachabteilung 15 - Wohnbauförderung: Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz, Graz, 1993; § 1

Für diese wissenschaftliche Arbeit sind die Hauptstücke 2 und 4 von besonderer Relevanz. Sie legen den gesetzlichen Rahmen für die Förderung der Errichtung von Wohnungen, Wohnheimen und Eigenheimen sowie die Förderung der Sanierung von Wohnhäusern, Wohnungen, Wohnheimen und sonstigen Gebäuden fest.

### **9.2.2 Wohnbauförderung**

In den Richtlinien der ökologischen Wohnbauförderung sind diverse Definitionen und die Förderungsbewertung festgelegt. Der Geschossbau kann von 3 verschiedenen Ökobonussystemen bewertet werden. In der ÖKO 1 wird der Stofffluss behandelt. Mit diesem Ansatz hat sich Maydl<sup>220</sup> in der Änderung des Bewertungssystem beschäftigt, welche im Punkt 9.2.3 erläutert ist. In der ÖKO 2 wird der OI3-Index behandelt. Im dritten Teil wird die ÖKO 3 – Energie & Nachhaltigkeit erläutert. Im diesem Schritt wird die ökologische Wohnbauförderung und das vorgeschlagene Bewertungsmodell lt. den ÖKO 1 Kriterien erläutert. Sie befassen sich mit dem Stofffluss. Darauffolgend wird das ausgearbeitete Modell behandelt.

### **9.2.3 Bewertungsmodell**

Dieses Bewertungssystem sollte nur die baustoffspezifischen Aspekte der 15a-Vereinbarung zum Klimaschutz behandeln, welche im Punkt 2.6.3 erläutert werden. Die Fördermittel können nur erlangt werden, wenn dafür Sorge getragen wird, dass keine Baustoffe im gesamten Lebenszyklus eingebaut werden, die klimaschädigend Gase freisetzen. Diese Gase sind halogenierte Gase wie z.B. HFKW, FKW und SF6. In weiterer Folge werden verschiedene Bauteilgruppen eingeteilt. Ziel dieses Schrittes war es, diese Gruppen je nach Massenanteil dieser Gruppen einzuteilen und zu errechnen. Bei mehrgeschossigen Wohnbauten liegen diese Werte immer in einem vergleichbaren Bereich. Es wurde eine dreistufige Gewichtung vorgeschlagen.<sup>221</sup>

---

<sup>220</sup> Verweis auf: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005

<sup>221</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005; S. 4

BAUTEILGRUPPE		BAUTEILGRUPPE	
Tragende Wände	2	Dacheindeckung	1
Nichttragende Wände	2	Außenwanddämmung	2
Decke über Keller	1	Fassadenbekleidung	1
Regelgeschossdecken	3		

Tabelle 55: Gesichtung der Bauteile der Bauteilgruppe

Die genaue Erfassung der Bauteilmassen sowie die Bereitstellung von wesentlichen Indikatoren der verwendeten Baustoffe sind Voraussetzung für dieses Modell. Somit müsste eine Datenbank erstellt werden, in der jeder Baustoff integriert und zu finden ist. Dies ist aber mit enormen Wartungsaufwand verbunden, welche vom Land Steiermark nicht betrieben werden konnte. Somit wurde der Fokus nur auf qualitative Bewertung gelegt. Folgende Bewertungskategorien sollen zur Anwendung kommen<sup>222</sup>:

- Ressourcenverfügbarkeit
- Trennbarkeit – Demontierbarkeit
- Verwendung von Recyclingbaustoffen
- Rezyklierbarkeit der eingesetzten Baustoffe
- Transportrucksäcke Holz

In der folgenden Tabelle werden die Anforderungen der 15a Vereinbarung zum Klimaschutz dem Vorschlag der steiermärkischen Wohnbauförderung 2006 und dem zuvor erläuterten Bewertungsansatz gegenübergestellt. In der Spalte "Umfassender Ansatz 2010" werden die Indikatoren dieser Bewertungskriterien aufgezeigt.

<sup>222</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaubaukunst, Graz, 2005; S. 4

	FORDERUNGEN DER 15A-VEREINBARUNG	VORSCHLAG STMK. WBF 2006	UMFASSENDE ANSATZ 2010	
BAUSTOFFSPEZIFISCHE ASPEKTE	Verzicht von HFKW, FKW und SF	Verbot von HFKW, FKW und SF	Materialverbrauch nicht erneuerbar	BAUPRODUKTE
	Einsatz ökologisch unbedenklicher Baustoffe	Baustoffbewertung	Materialverbrauch erneuerbar	
	Rohstoffverfügbarkeit	Ressourcenverfügbarkeit	Materialeinsatz Recyclingstoffe	
	Energieeinsatz bei Herstellung und Verarbeitung	Einsatz von Recyclingbaustoffen	Wasserverbrauch	
	Wiederverwertung	Recyclierbarkeit	Landverbrauch	
	Unbedenkliche Entsorgung	Trennbarkeit / Demontierbarkeit	Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PEI ne.)	
		Transportrucksack	Primärenergieinhalt erneuerbar (PEI e.)	
			Gefährlicher Abfall	
			Nicht gefährlicher Abfall / inerter Abfall	
			Klimaänderung (GWP)	
SONSTIGE ASPEKTE	Einsatz erneuerbarer Energieträger		Ozonabbau (ODP)	GEBÄUDE
	Energiekennzahl		Sommersmog (POCP)	
	Verkehrs- und flächenverbrauchs minimierte Maßnahmen		Versauerung (AP)	
			Eutrophierung (NP)	
			Humantoxizität (HTP)	
			Ökotoxizität (AETP/TETP)	STANDORT
			Raumluftqualität	
			Recyclierbarkeit	
			Trennbarkeit / Demontierbarkeit	
			Einsatz von Recyclingbaustoffen	
			Ressourcenverfügbarkeit	
			Transportrucksack	
			Flächenverbrauch / Bodenversiegelung	
			Energieeffizienz	
			Umgang mit Trinkwasser	
		Erschließung		
		Nähe Infrastruktur		
		Verkehrerschließung		
		"Wohnwert"		
		Bebaubarkeit		
		Gefahrenzonen		
		Wohnraumbedarf		

Tabelle 56: Gegenüberstellung Forderungen der 15a-Vereinbarung, des Vorschlags des stmk. WBF und dem umfassenden Ansatz 2010<sup>223</sup>

In Abbildung 36 ist der Ablaufprozess zur Erlangung der Förderungen zur erleichterten Darstellung grafisch dargestellt. Die ersten drei Prozessschritte werden vom Förderungswerber oder dessen Planer durchgeführt. Der vierte Punkt fällt unter die Obliegenheit der Förderungsstelle.

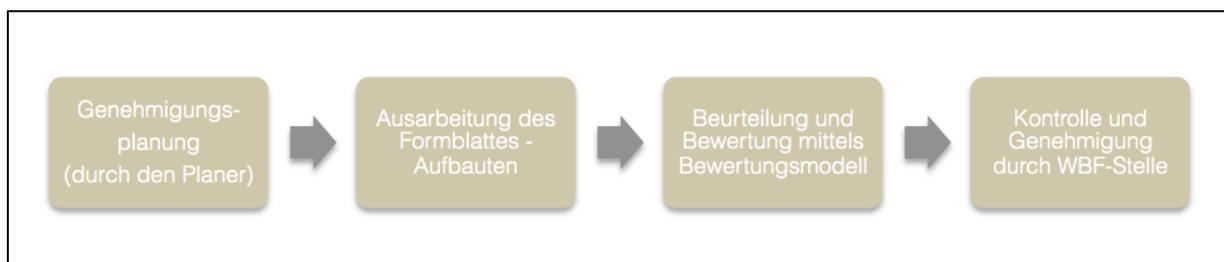


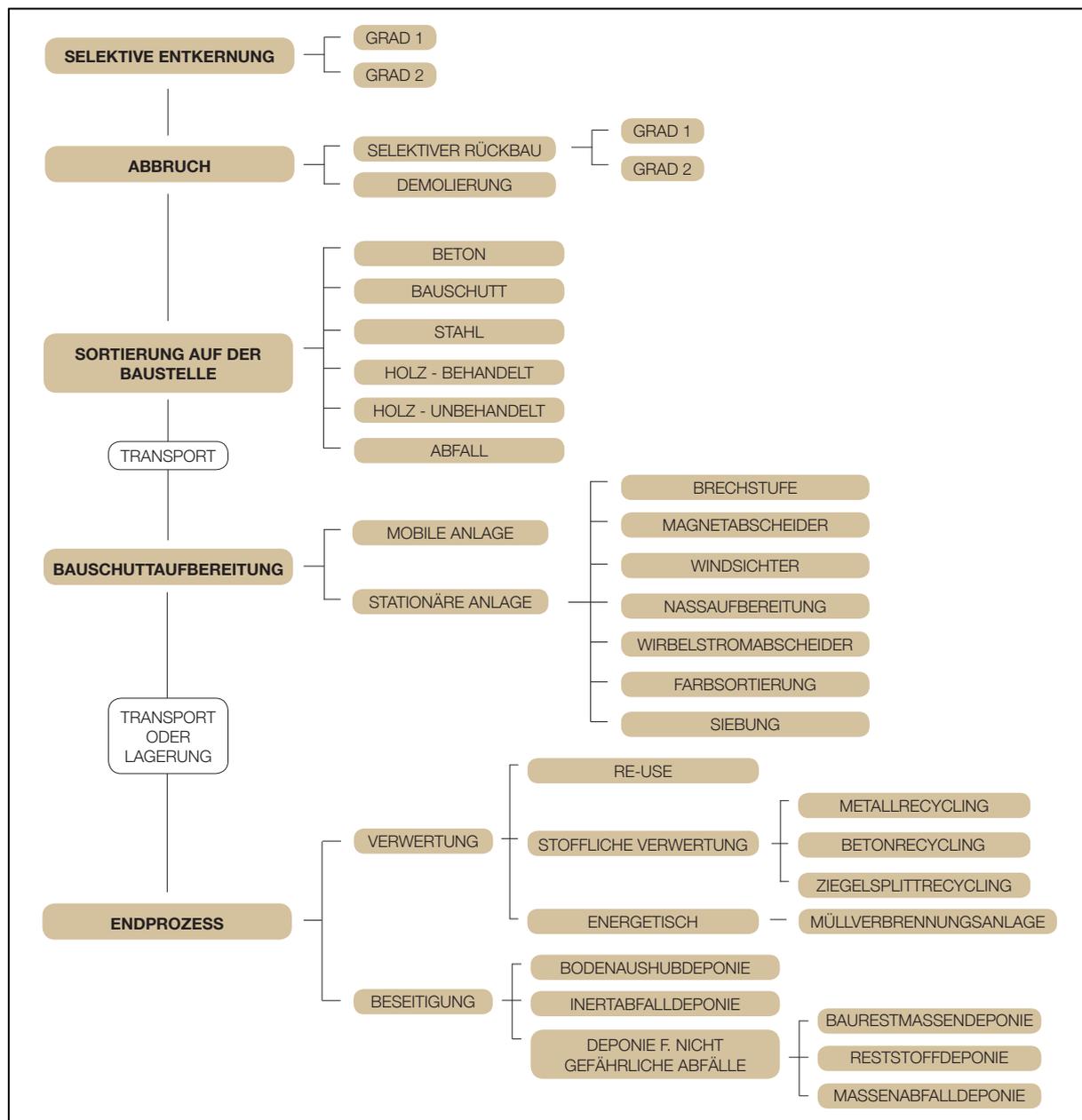
Abbildung 36: Ablaufprozess zur Erlangung von Förderungen<sup>224</sup>

<sup>223</sup> Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005; S. 5

<sup>224</sup> Vgl: Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005; S. 5



Abbildung 20: Gebäudeabbruchprozess mit Sub-Prozessen



Formular zur Berechnung der Beseitigungskosten - Seite 1<sup>225</sup>

<b>SCHRITT 1</b> WAHL DES GEBÄUDETYP						
GEBÄUDETYP	BETON (t/m3 BRI)	ZIEGEL (t/m3 BRI)	HOLZ (t/m3 BRI)	METALLE (t/m3 BRI)	RESTABFALL (t/m3 BRI)	SONSTIGES (t/m3 BRI)
<input type="checkbox"/> Massivbau vor 1918	0,125	0,214	0,008	0,007	0,002	0,001
<input type="checkbox"/> Massivbau 1918 bis 1948	0,116	0,224	0,009	0,006	0,004	0,002
<input type="checkbox"/> Massivbau ab 1949	0,137	0,206	0,008	0,003	0,015	0,003
<input type="checkbox"/> Holz-Fachwerkhaus	0,036	0,238	0,028	0,003	0,004	0,001
<input type="checkbox"/> Stahlbeton-Skelettbau	0,230	0,006	0,004	0,002	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Beton-Massivbau	0,369	0,050	0,002	0,006	0,002	0,002
<input type="checkbox"/> Holzleichtbauweise	0,074	0,010	0,037	0,009	0,100	0,020

<b>SCHRITT 2</b> MATERIALZUSAMMENSETZUNG DES GEBÄUDES					
BETON (t/m3 BRI)	ZIEGEL (t/m3 BRI)	HOLZ (t/m3 BRI)	METALLE (t/m3 BRI)	RESTABFALL (t/m3 BRI)	SONSTIGES (t/m3 BRI)

<b>SCHRITT 3</b> BERECHNUNG DES BRUTTORAUMINHALT (BRI)				
	LÄNGE (Meter)	BREITE (Meter)	HÖHE (Meter)	VOLUMEN (Meter)
VOLUMEN KELLER				
VOLUMEN GESCHOSSE				
VOLUMEN DACH				
				GESAMT

Berechnung: Länge x Breite x Höhe = Volumen

<b>SCHRITT 4</b> MASSEN DER WESENTLICHEN MATERIALIEN DES GEBÄUDES					
BETON (Tonnen)	ZIEGEL (Tonnen)	HOLZ (Tonnen)	METALLE (Tonnen)	RESTABFALL (Tonnen)	SONSTIGES (Tonnen)

Berechnung: Materialgruppe x BRI

<b>SCHRITT 5</b> BERECHNUNG DER ENTKERNUNGSKOSTEN		
GRAD 1	3,1 €/m3 BRI	
GRAD 2	4,65 €/m3 BRI	
		GRAD    BRI    ENTKERNUNGSKOSTEN

Berechnung: Grad x BRI

<sup>225</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

Formular zur Berechnung der Beseitigungskosten - Seite 2<sup>226</sup>

**SCHRITT 6**  
BERECHNUNG DER ABBRUCHKOSTEN Berechnung: Faktor (Bauweise / Abbruchart) x BRI

BAUWEISE	SELEKTIVER ABBRUCH GRAD 1 €/ m3 BRI	SELEKTIVER ABBRUCH GRAD 2 €/ m3 BRI	DEMOLIERUNG €/ m3 BRI
<input type="checkbox"/> Beton-Massivbau	5,14	7,71	3,00
<input type="checkbox"/> Holz-Leichtbauweise	10,28	15,42	3,00

FAKTOR	BRI	ABBRUCHKOSTEN
--------	-----	---------------

**SCHRITT 7**  
BERECHNUNG DER TRANSPORTKOSTEN

EUR / m3 BRI	BRI	TRANSPORTKOSTEN
2,5		

**SCHRITT 8**  
BERECHNUNG DER ENTSORGUNGSKOSTEN

	BRI m3	FAKTOR lt. Schritt 1	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSFAKTOR lt. Tabelle 25&26	ENTSORG- UNGMENGE in Tonnen	ENTSORG- UNGSPREISE je Tonne in EUR	ENTSORG- UNGSPREISE in EUR
ENTSORGUNGSKOSTEN BETON						9,56	
ENTSORGUNGSKOSTEN ZIEGEL						9,56	
ENTSORGUNGSKOSTEN HOLZ						71,69	
ENTSORGUNGSKOSTEN METALLE						-35,85	
ENTSORGUNGSKOSTEN SONSTIGES				*		14,93	
ENTSORGUNGSKOSTEN RESTABFALL				**		209,08	
						GESAMT:	

\* zuzüglich 21% aus der Kategorie Beton, zzgl. 21 % aus der Kategorie Ziegel  
\*\* zuzüglich 4 % aus der Kategorie Beton, zzgl. 4 % aus der Kategorie Ziegel, zzgl. 10 % aus der Kategorie Metalle

**SCHRITT 9**  
BERECHNUNG DER GESAMTABBRUCHKOSTEN

KOSTENART	BETRAG IN EUR
ENTKERNUNGSKOSTEN	
ABBRUCHKOSTEN	
TRANSPORTKOSTEN	
ENTSORGUNGSKOSTEN	
<b>BESEITIGUNGSKOSTEN</b>	

<sup>226</sup> Weiterentwicklung aus: Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001, S. 16

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entscheidungsprozess nach Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer .....	1
Abbildung 2: Aufbau der Diplomarbeit.....	4
Abbildung 3: Anteile der Lebenszykluskosten.....	5
Abbildung 4: Gesamtkosten der Errichtungs- & Folgekosten.....	6
Abbildung 5: Zusammenhang von Gesamtkosten der Errichtung- und Folgekosten .....	7
Abbildung 6: Ganzheitliches Immobilienmanagement nach Diederichs.....	9
Abbildung 7: Lebenszyklusphasen des ganzheitlichen Immobilienmanagement nach GEFMA 100-2.....	9
Abbildung 8: Betrachtung & Einteilung der Lebensdauer.....	20
Abbildung 9: Bestimmung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer .....	23
Abbildung 10: Situation nach Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer .....	26
Abbildung 11: Zusammensetzung der Abfälle aus dem Bauwesen .....	27
Abbildung 12: Verbleib der Aushubmaterialien im Jahr 2009 .....	35
Abbildung 13: Asbestaufkommen 1999 bis 2009 .....	38
Abbildung 14: Deponierte Asbestabfälle .....	40
Abbildung 15: Zusammenfassung der Zusammensetzung der Bauperiode bis 1945.....	45
Abbildung 16: Zusammenfassung der Zusammensetzung der Bauperiode 1945 bis 1980...	46
Abbildung 17: Zusammenfassung der Zusammensetzung der Bauperiode ab 1980 .....	48
Abbildung 18: Veränderung der Stoffzusammensetzung von 1900 bis 2011 .....	50
Abbildung 19: Schematischer Tätigkeitsablauf vor dem Rückbau .....	52
Abbildung 20: Gebäudeabbruchprozess mit Sub-Prozessen.....	53
Abbildung 21: Abbruchprozess bei Demolierung .....	55
Abbildung 22: Abbruchprozess bei kontrolliertem Rückbau.....	56
Abbildung 23: Akteure im Prozess .....	57
Abbildung 24: Untergliederung der selektiven Entkernung .....	58
Abbildung 25: Untergliederung des selektiven Rückbaus .....	60
Abbildung 26: Standorte von Recyclinganlagen in der Steiermark (Mitglieder beim BRV) ....	64
Abbildung 27: Aufbereitungsschritte in Abhängigkeit der Schrottqualität.....	70
Abbildung 28: Abgelagerte Masse im Zeitraum von 1999 bis einschließlich 2008 .....	75
Abbildung 29: Grundrisse und Schnitt - IBO-Modell-Einfamilienhaus .....	94
Abbildung 30: Anteile der Entsorgungswege – Massivbauweise .....	101
Abbildung 31: Anteile der Entsorgungswege – Holzleichtbauweise.....	108
Abbildung 32: Kontinuierliche Verbesserung der Kostenkennwerte von Rückbauten .....	116
Abbildung 33: Maximale Dauer des Lebenszyklus von Bürogebäuden .....	120

Abbildung 34: Formel zur Berechnung der fiktiven technischen Gesamtlebensdauer..... 121

Abbildung 35: Lebensdauer von Bauteilen..... 122

Abbildung 36: Ablaufprozess zur Erlangung von Förderungen..... 126

## 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gliederung der Folgekosten .....	8
Tabelle 2: Gegenüberstellung Gesamtabfallaufkommen & Abfälle aus dem Bauwesen in den Jahren 2004-2007-2009.....	10
Tabelle 3: Abfallaufkommen in Österreich - BAWP 2011.....	11
Tabelle 4: Verlauf und Prognose des Abfallaufkommens in Österreich 2004- 2007 - 2009 - 2016.....	12
Tabelle 5: Diagrammatische Darstellung des Verlaufs und Prognose des Abfallaufkommens in Österreich in den Jahren 2004 bis 2016 .....	12
Tabelle 6: Durchschnittliche wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer nach Kleiber .....	22
Tabelle 7: Wirtschaftliche Lebensdauer nach Ross, Brachmann und Holzner .....	24
Tabelle 8: Einteilung der Abfälle im Bauwesen lt. Ö-NORM 2100 .....	28
Tabelle 9: Abfallaufkommen aus dem Bauwesen im Jahr 2009 .....	30
Tabelle 10: Aufkommen der Aushubmaterialien im Jahr 2009.....	34
Tabelle 11: Deponierte Asbestabfälle seit 1999.....	39
Tabelle 12: Materialzusammensetzung Bauperiode bis 1945.....	44
Tabelle 13: Materialzusammensetzung Bauperiode 1945 bis 1980.....	46
Tabelle 14: Materialzusammensetzung Bauperiode ab 1980 .....	48
Tabelle 15: Beispielhafte Trennschärfen bei selektiven Abbrüchen.....	61
Tabelle 16: Anlagen zur Behandlung von Abfällen in Österreich im Jahr 2010 .....	63
Tabelle 17: Recyclinganlagenverzeichnis in der Steiermark (Mitglieder beim BRV).....	64
Tabelle 18: Gruppierung der Betonvorkommnisse nach ihrem Recyclingverhalten.....	72
Tabelle 19: Korngrößenspezifische Verwertung von Mauerwerksabbrüchen .....	73
Tabelle 20: Deponiearten .....	74
Tabelle 21: Wesentliche deponierte Abfallarten im Jahr 2008 .....	75
Tabelle 22: Aufgliederung der Deponien nach Deponieklassen und -unterklassen sowie freies Deponievolumen (2008).....	76
Tabelle 23: Materialanteile der verschiedenen Bauweisen .....	81
Tabelle 24: Schritt 2 des Berechnungsmodells .....	82
Tabelle 25: Anteile der Materialkategorie bei Demolierung.....	82
Tabelle 26: Anteile der Materialkategorie bei selektiven Abbrüchen – Grad 1.....	83
Tabelle 27: Abbruchkosten verschiedener Bauweisen .....	84
Tabelle 28: Beispielrechnung Entsorgungskosten .....	85
Tabelle 29: Berechnung der Bauwerkskosten mittels Kennwerten und BRI .....	87
Tabelle 30: Berechnung der Bauwerkskosten mittels Kennwerten und BGF.....	87

---

Tabelle 31: Berechnung der Lebenszyklus- und Rückbaukosten .....	88
Tabelle 32: Schritt 1 - Wahl des Gebäudetyps .....	89
Tabelle 33: Schritt 2 – Materialanteile der Hauptbestandteile .....	89
Tabelle 34: Schritt 3 - Berechnung des BRI .....	90
Tabelle 35: Schritt 4 - Massen der wesentlichen Materialien des Gebäudes .....	90
Tabelle 36: Schritt 5 - Berechnung der Entkernungskosten .....	90
Tabelle 37: Schritt 6 - Berechnung der Abbruchkosten .....	91
Tabelle 38: Schritt 7 - Berechnung der Transportkosten .....	91
Tabelle 39: Schritt 8 - Berechnung der Entsorgungskosten .....	92
Tabelle 40: Schritt 9 - Berechnung der Gesamtabbruchkosten .....	92
Tabelle 41: Kennwerte - IBO-Modell-Einfamilienhaus .....	95
Tabelle 42: Bauteilelemente der Basisvariante .....	96
Tabelle 43: Bauteilelemente der Massivbauweise .....	97
Tabelle 44: Massenbilanz der Entsorgung - Massivbauweise .....	100
Tabelle 45: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- & Transportkosten – Massivbauweise – Blatt 1 .....	102
Tabelle 46: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- & Transportkosten – Massivbauweise – Blatt 2 .....	103
Tabelle 47: Bauteilelemente der Holzleichtbauweise .....	104
Tabelle 48: Massenbilanz der Entsorgung - Holzleichtbauweise .....	107
Tabelle 49: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- & Transportkosten – Holzleichtbauweise – Blatt 1 .....	109
Tabelle 50: Berechnung der Entkernungs-, Abbruch- & Transportkosten – Holzleichtbauweise – Blatt 2 .....	110
Tabelle 51: Gegenüberstellung Entsorgungswege Massivbauweise - Holzleichtbauweise (Angaben in Kilogramm) .....	111
Tabelle 52: Gegenüberstellung Gesamtabbruchkosten Massiv- und Holzleichtbauweise ...	112
Tabelle 53: Technische Lebensdauer von Gebäuden .....	118
Tabelle 54: Dauer des Lebenszyklus von Bürogebäuden .....	120
Tabelle 55: Gesichtung der Bauteile der Bauteilgruppe .....	125
Tabelle 56: Gegenüberstellung Forderungen der 15a-Vereinbarung, des Vorschlags des stmk. WBF und dem umfassenden Ansatz 2010 .....	126

## 12 Literaturverzeichnis

### 12.1 Bücher, Skripten

Diederichs, Claus-Jürgen: Immobilienmanagement im Lebenszyklus, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2005.

Dobernigg, Stefan: Lebenszyklus Gebäude – Life Cycle Costing für Bauprojekte, Diplomarbeit, FH Joanneum Graz, 2000.

Gnielka, Sabine, u.a.: BKI-Baukosten 2007, Teil 1: Statistische Kostenkennwerte Gebäude; Stuttgart, Baukosteninformationszentrum 2007.

Kleiber, Wolfgang: Verkehrswertermittlung von Grundstücken, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag, Köln, 2002.

Mertens, Hans: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, 1. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011.

Ross/Brachmann/Holzner: Ermittlung des Bauwertes von Gebäuden und des Verkehrswertes von Grundstücken, Hanover, 1997.

Stempkowski, Rainer: Ausgewählte Kapitel der Bauwirtschaft - Teil Lebenszykluskosten, Skriptum, FH Joanneum, Graz, Wintersemester 2010.

Walther G.: Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke – Überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus, Gabler Verlag/Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2010.

Zwiener, Gerd; Mötzl, Hildegund: Ökologisches Baustoff-Lexikon: Bauprodukte, Chemikalien, Schadstoffe, Ökologie, Innenraum, C.F.Müller, Heidelberg, 2006

## 12.2 Publikationen, Interviews

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006, Wien, 2006.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011, Wien, 2011.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft , Umwelt und Wasserwirtschaft: Erläuterung zur Abfallbilanzverordnung - Verordnung über Jahresabfallbilanzen - Stand Feb. 2011, Wien, 2008.

Car, Martin: Österreichischer Bundesrecyclingverband, Fachinterview, Wien, 23.07.2011

Clement, David, u.a.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU - Zwischenbericht, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2010.

Deutsches Kupfer-Institut: Kupfer – Werkstoff der Menschheit, Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 2006.

Daxbeck, H.; Buschmann, H.; Clement, D.; Flath, J.; Hammer, K.; Neumayer, S.; Skutan, S.; Brunner, P. H.: Konzept zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen basierend auf der thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Abfallrecycling der EU. (Projekt EnBa), European Commission Life+ Thematic Programme: Life+ Environment, LIFE07 ENV/A/000004, Wien, 2009.

Daxbeck, H., Buschmann H., Flath J., Gassner A., Neumayer S., Durco M., Lixia R., Seibold E., Brunner P.H., Hammer K., Clement D., Markova S.: Entwicklung einer Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen – Layman´s Report; Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien, 2009.

Fazekas, Stefan; u.a.: Preisliste Abfallwirtschaft 2011 für die Anlage Simmeringer Haide, Fernwärme Wien GmbH, Wien, 2011.

Floegl, Helmut: Fachbericht - Kennzahlen für Ökonomische Nachhaltigkeit von Gebäuden, Netzwerkbau Magazin Nr. 14 - Life Cycle Management bei Bauprojekten, Perchtoldsdorf, 2011.

Lechner, Peter; Stark, Wolfgang: Reports Baurestmassen – Vermeidung, Verwertung, Behandlung. Schlüsselnummer 91206 Baustellenabfälle, TU Wien AWS im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wien, 1993.

Paula, M., Geissler, S., Groß, M., Keiler, S., Neumann, G., Oelinger, A. Bernhold, T., Schuster, B., Sammer, K.: Lebenszykluskosten Prognosemodell – Immobilien-Datenbank-Analysen zur Ableitung lebenszyklus-orientierter Investitionsentscheidungen; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien, 2010.

Maydl, Peter u.a.: Ökologisierung der Wohnbauförderung, Technische Universität Graz-Fachbereich Ingenieurbaukunst, Graz, 2005.

Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Buildings and Constructions(ABC) – Disposal, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009.

Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) – Entsorgungsprozesse-Grundlagenrecherche - Anhang A1, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009.

Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - Entsorgungswege der Baustoffe - Anhang A2, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009.

Mötzl, Hildegund u.a.: Assessment of Building and Construction (ABC) - IBO-Modell-Einfamilienhaus-Konstruktion und Szenarien - Anhang A4, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - Abteilung Energie- und Umwelttechnologie, Wien, 2009.

Österreichischer Baustoff Recycling Verband: Baustoffrecyclinganlagen in Österreich, BRV, Wien, 2010.

Rentz, O., u.a.: Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe; Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, 2001.

Rosenberger, Robert u.a.: Baurestmassentrennung auf der Baustelle - Ein Leitfaden für die Baustelle, WKO-Geschäftsstelle Bau, Wien, 2006.

Schönberger, Alois: Schönberger Transporte, Fachinterview, Feldkirchen bei Graz, 13.07.2011

Winter, Brigitte, Szedny, Ilona; Reisner, Hubert; Böhmer, Siegmund; Jahnsen, Thomas: Abfallvermeidung und –verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich, Serie Rep-0003, Umweltbundesamt, Wien, 2005

### **12.3 Normen**

ÖNORM B-1800: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken,  
Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Ausgabedatum: 2011-12

ÖNORM B-1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung,  
Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Ausgabedatum: 2009-06.

ÖNORM B-1801-2: Kosten im Hoch- und Tiefbau - Objektdaten – Objektnutzung,  
Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Ausgabedatum: 1997-06.

ÖNORM B-2251: Abbrucharbeiten - Werkvertragsnorm,  
Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Ausgabedatum: 2006-08.

ÖNORM S-2100: Abfallverzeichnis,  
Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Ausgabedatum: 2005-06.

## 12.4 Gesetze, Verordnungen

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Abfallverzeichnisverordnung, BGBl. II Nr. 498/2008, Wien, 2008.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), Wien, 2002.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Deponieverordnung 2008 – geändert durch BGBl. II Nr. 178/2010, Wien, 2008.

Land Steiermark - Fachabteilung 15 - Wohnbauförderung: Die ökologische Wohnbauförderung II – Richtlinien, Graz, 2009.

Land Steiermark - Fachabteilung 15 - Wohnbauförderung: Steiermärkisches Wohnbauförderungsgesetz, Graz, 1993.

## 12.5 Internet

Bericht der Brundtlandkommission der Vereinten Nationen:

<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>; Download: 23.08.2011

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:

[http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/abfallarten\\_abfallstroeme/produktionsabfaelle/doc/3211.php](http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/abfallarten_abfallstroeme/produktionsabfaelle/doc/3211.php); Download: 28.12.2011

Entwicklung einer Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Baurestmassen;

<http://enba.rma.at/de/node/9>; Download: 15.08.2011

Land Steiermark FA 15 – Wohnbauförderung:

<http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/beitrag/10005297/276011/>; Download: 18.08.2011

Österreichischer Bundesrecyclingverband - Altlastensanierungsgesetz

<http://www.br.v.at/service/pg16#altlastensanierungsgesetz>; Download: 23.06.2011

Österreichischer Bundesrecyclingverband - Baurestmassentrennungsverordnung

<http://www.br.v.at/service/pg16#baurestmassentrennungsverordnung>; Download: 23.06.2011

Österreichischer Bundesrecyclingverband - Deponieverordnung:

<http://www.br.v.at/service/pg16#deponieverordnung>; Download: 07.07.2011

Österreichischer Bundesrecyclingverband - Recycling von Asphalt und Betonaufbruch:

<http://br.v.at/service/pg32>; Download: 11.07.2011

Österreichischer Bundesrecyclingverband - Recycling von Hochbaurestmassen:

Quelle: <http://br.v.at/service/pg31>; Download: 11.07.2011

Österreichisches Umweltbundesamt – EDM-Portal

[https://secure.umweltbundesamt.at/edm\\_portal/home.do](https://secure.umweltbundesamt.at/edm_portal/home.do); Download: 28.12.2011

UN- Documents - Gathering a body of global agreements:

<http://www.un-documents.net/ocf-07.htm#l>; Download: 23.08.2011

Westsächsische Entsorgungs- und Verwertungsgesellschaft

<http://www.e-wev.de/index.php?querschnitt>; Download 01.09.2011

Wikipedia - Re-Use:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Reuse>; Download: 28.12.2011

Wirtschaftskammer Österreich - Abfallrahmenrichtlinie:

[http://portal.wko.at/wk/format\\_detail.wk?AngID=1&StID=446509&DstID=0](http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?AngID=1&StID=446509&DstID=0); Download:  
18.07.2011

Wirtschaftskammer Österreich - Bauprodukteverordnung:

[http://portal.wko.at/wk/format\\_detail.wk?angid=1&stid=612810&dstid=1166&titel=Neue%2CBauprodukteverordnung](http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=612810&dstid=1166&titel=Neue%2CBauprodukteverordnung); Download: 27.08.2011