



# **ABFALLVERMEIDUNG UND -VERWERTUNG: BAURESTMASSEN**

Detailstudie zur Entwicklung einer  
Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für  
den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006

Martin Scheibengraf  
Hubert Reisinger

REPORT  
REP-0009

Wien, 2005



**Projektleitung**

Hubert Reisinger

**Autoren**

Martin Scheibengraf

Hubert Reisinger

**Übersetzung**

Brigitte Read

**Lektorat**

Maria Deweis

**Satz/Layout**

Elisabeth Lössl

Dieser Report wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft im Rahmen der Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 erstellt.

Diese Publikation erscheint ausschließlich als e-Book auf <http://www.umweltbundesamt.at/>.

Ist ein Download nicht möglich, erstellen wir auf Wunsch eine Kopie.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2005

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-808-3

# INHALT

<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	7
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	8
<b>1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG</b> .....	9
1.1 <b>Allgemeine Begriffsbestimmungen</b> .....	11
1.2 <b>Abfallaufkommen</b> .....	12
<b>2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN UND BEHELFE</b> .....	15
2.1 <b>Abfallwirtschaftsgesetz 2002</b> .....	15
2.2 <b>Baurestmassentrennungsverordnung</b> .....	16
2.3 <b>Abfallnachweisverordnung</b> .....	17
2.4 <b>Deponieverordnung</b> .....	17
2.5 <b>Altlastensanierungsgesetz</b> .....	18
2.6 <b>Abfallverzeichnisverordnung/Festsetzungsverordnung</b> .....	20
2.7 <b>Abfallverbrennungsverordnung</b> .....	21
2.8 <b>Verpackungsverordnung</b> .....	21
<b>3 BESCHREIBUNG DER ABFALLSTRÖME</b> .....	22
<b>3.1 Bauschutt</b> .....	24
3.1.1 Begriffsbestimmung und Zusammensetzung .....	24
3.1.2 Ort der Entstehung .....	25
3.1.3 Stoffliche Eigenschaften .....	25
3.1.4 Wirkung des Abfallstromes auf Gesundheit und Umwelt (Gefährdungspotenzial und Umweltbeeinträchtigung) .....	25
3.1.5 Behandlungstechnologien .....	27
3.1.6 Schwierigkeiten bei der Abfallverwertung und -entsorgung .....	35
3.1.7 Vermeidungsmaßnahmen .....	36
3.1.7.1 Selektiver Rückbau .....	38
3.1.7.2 Begünstigung und Förderung von Recycling-Baustoffen .....	43
3.1.7.3 Schadstoffentfrachtung .....	45
3.1.8 Resümee .....	46
<b>3.2 Baustellenabfälle</b> .....	46
3.2.1 Begriffsbestimmung und Zusammensetzung .....	46
3.2.2 Ort der Entstehung .....	52
3.2.3 Schadstoffe in den Baustellenabfällen .....	52
3.2.4 Behandlungstechnologien .....	58
3.2.5 Schwierigkeiten bei der Wiederverwendung, Abfallverwertung und - entsorgung .....	61
3.2.6 Vermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen .....	62
3.2.6.1 Baustellenseitige Trennung .....	62
3.2.6.2 Rückbau .....	65
3.2.6.3 Schadstoffentfrachtung .....	66
3.2.6.4 Recyclinggerechte Baustoffe und entsorgungsgerechte Materialverbunde .....	66
3.2.6.5 Vermeidung von Verpackungsmaterial .....	67



3.2.6.6	Abfallkonzept.....	67
3.2.6.7	Rücknahmeverpflichtungen.....	67
3.2.6.8	Dokumentation über eingesetzte Materialien.....	68
3.2.6.9	Vorgaben zum Rückbau bereits in der Planung und Bauausführung von Neubauten .....	68
3.2.6.10	Planungsseitige und ausführungseitige Maßnahmen nach Gebäudeteilen und bei der Baustelleneinrichtung .....	68
3.2.7	Resümee .....	72
<b>3.3</b>	<b>Straßenaufbruch.....</b>	<b>73</b>
3.3.1	Begriffsbestimmung und Zusammensetzung.....	73
3.3.2	Ort der Entstehung .....	74
3.3.3	Schadstoffe im Straßenaufbruch.....	75
3.3.4	Verwertung .....	77
3.3.5	Vermeidungsmaßnahmen .....	79
3.3.6	Abfallwirtschaftliche Vermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen .....	79
3.3.7	Resümee Straßenaufbruch .....	80
<b>3.4</b>	<b>Gleisschotter .....</b>	<b>82</b>
3.4.1	Resümee Gleisschotter .....	84
<b>4</b>	<b>ABFALLVERMEIDUNGS- UND -VERWERTUNGSSTRATEGIE FÜR BAURESTMASSEN .....</b>	<b>85</b>
<b>4.1</b>	<b>Trends in der Bauwirtschaft.....</b>	<b>85</b>
<b>4.2</b>	<b>Methoden der Abfallvermeidung und Verwertung in der Bauwirtschaft.....</b>	<b>87</b>
4.2.1	Prinzipien einer nachhaltigen Bauwirtschaft .....	87
4.2.2	Kernstrategien der Abfallvermeidung und -verwertung in der Bauwirtschaft.....	88
4.2.3	Flexibel und demontabel Bauen.....	95
4.2.4	Gebäudepass, Demolition Protocol und Rückbaukonzept .....	96
4.2.4.1	Gebäudepass .....	96
4.2.4.2	Demolition Protocol .....	98
4.2.4.3	Rückbaukonzept.....	98
4.2.5	Umsetzung der Kernstrategien .....	99
<b>4.3</b>	<b>Innovative Technologien .....</b>	<b>101</b>
4.3.1	Nachwachsende Rohstoffe .....	101
4.3.2	Holz als Baustoff .....	102
4.3.3	Stroh als Baustoff .....	105
4.3.4	Bio-Kunststoffe .....	106
<b>4.4</b>	<b>Players und Barriers .....</b>	<b>108</b>
4.4.1	Die Akteure.....	108
4.4.2	Hemmnisse .....	113
<b>4.5</b>	<b>Maßnahmen der Abfallwirtschaft und der öffentlichen Hand.....</b>	<b>120</b>
4.5.1	Maßnahmen zur Erhöhung des Informationsstandes .....	122
4.5.2	Maßnahmen zur Ökologisierung des Ausschreibungswesens .....	125
4.5.3	Maßnahmen zur Unterstützung der Technologieentwicklung und Überwindung der Markteintrittsbarrieren.....	126
4.5.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit .....	127
4.5.5	Maßnahmenüberblick und Chancen-Bewertung.....	129



<b>4.6</b>	<b>Veränderungspotenziale</b> .....	133
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	134
<b>5.1</b>	<b>Leitlinien</b> .....	134
<b>5.2</b>	<b>Empfohlenes Maßnahmenbündel für die österreichische Abfallwirtschaft</b> .....	134
5.2.1	Maßnahmenbündel: Gebäudepass .....	135
5.2.2	Maßnahmenbündel: Abfallvermeidung im Baubereich .....	137
5.2.3	Maßnahmenbündel: Baurestmassen Recycling.....	139
<b>6</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	141
<b>7</b>	<b>LITERATUR</b> .....	142





## EXECUTIVE SUMMARY

During the project “Development of a waste prevention and recycling strategy for the Austrian Federal Waste Management Plan 2006”, the participating experts identified a certain deficit of information concerning waste prevention and waste recycling options for the Austrian construction sector.

In order to fill this deficit, the current report was produced describing the legal situation and the present status of the waste streams “demolition waste”, “construction waste”, “road construction waste” and “track ballast”. Further parts of the report are concerned with the construction sector only, describing methods and innovative technologies of waste saving measures in construction, as well as the key players and the barriers against efficient waste saving strategies in construction, including the measures to overcome them. Three packages of measures are recommended and should be implemented, at least partly, within the framework of the Austrian Federal Waste Management Plan 2006.

The 3 packages of measures are

- Development and implementation of a building pass (a building documentation and sustainable building certificate system)
- Prevention of construction and demolition waste
- Recycling of construction and demolition waste

and comprise measures like:

- The preparation of planning material and documentation templates
- Pilot projects
- Information dissemination
- The preparation of a waste-end-ordinance
- Public procurement to implement waste saving measures in the construction of public buildings
- Recommendations for harmonisation and ecologisation in spatial planning and housing construction aid schemes.

The objective of these measures is the promotion:

- Of the application of waste saving methods in the construction industry
- Of the development of innovative, waste saving technologies
- Of the use of “waste separation islands” on construction sites
- Of improved separate waste collections
- Of the use of selective deconstruction
- And of the high quality reuse of recycleable building materials.



## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Projektes „Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006“ wurde für die Baurestmassen ein gewisses Informationsdefizit bezüglich der Abfallvermeidungs- und -verwertungsoptionen im Baubereich festgestellt. Im vorliegenden Bericht werden für die Baurestmassen „Bauschutt“ und „Baustellenabfälle“ im Detail und die Baurestmassen „Straßenaufbruch“ und Gleisschotter“ am Rande, die rechtlichen Grundlagen beschrieben und die Ist-Situation dargestellt. In weiterer Folge werden für den Hochbaubereich Methoden und innovative Technologien des abfallarmen Bauens, Akteure, Barrieren und Maßnahmen der Abfallvermeidung und -verwertung beschrieben und eine Empfehlung für drei Maßnahmenbündel hergeleitet, welche im Rahmen des Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 zumindest teilweise umgesetzt werden sollten.

Diese Maßnahmenbündel sind:

- Die Entwicklung und Einführung eines Gebäudepasses,
- Vermeidung von Baurestmassen und
- Verwertung von Baurestmassen

und umfassen Maßnahmen wie:

- die Entwicklung von Grundlagenwissen
- die Entwicklung und Forcierung von Planungs- und Dokumentationsunterlagen
- die Durchführung von Pilotprojekten
- Informationsverbreitung
- Erlassung einer Bestimmung, die qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe aus dem Abfallregime entlässt (Produktstatus)
- abfallarmes Bauen im öffentlichen Bereich
- Empfehlungen für die Harmonisierung und Ökologisierung von Wohnbauförderung und Raumplanung.

Im Einzelnen soll mit diesen Maßnahmen:

- die Anwendung der Methoden des abfallarmen Bauens
- die Entwicklung innovativer abfallarmer Technologien
- der Einsatz von Sortierinseln
- eine Verbesserung der getrennten Sammlung
- der Einsatz des selektiven Rückbaus
- und die hochwertige Verwertung von Recycling-Baustoffen gefördert werden.

# 1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Das Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) 2002 sieht zur Erreichung seiner Ziele die Anwendung der Grundsätze Abfallvermeidung und Abfallverwertung vor. Weiters werden im § 9 des AWG „Ziele der nachhaltigen Abfallvermeidung“ und im § 14 Maßnahmen für die Abfallvermeidung und -verwertung definiert. Um diese prinzipiellen Maßnahmen umsetzen zu können, müssen sie jedoch auf Einzelmaßnahmen herunter gebrochen und festgelegt werden für welchen Abfallstrom nun konkret welche Aktion zu setzen ist.

In einem ersten Schritt sollen die wichtigsten Abfallströme bestimmt, die effizientesten Maßnahmen identifiziert und zu einer konsistenten Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den nächsten Bundes-Abfallwirtschaftsplan zusammengefasst werden. Zusätzlich sollen Grundlagen für ein Weißbuch „Abfallvermeidung und -verwertung in der österreichischen Abfallwirtschaft“ erstellt werden. Dazu wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) das Projekt „Erstellung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006“ initiiert. Dieses Projekt ist untergliedert in einen Konsensfindungsprozess von wesentlichen Entscheidungsträgern und Fachleuten der österreichischen Abfallwirtschaft und parallel durchgeführten technisch-sozioökonomischen Analysen zur Erstellung der fachlichen Grundlagen für den Konsensfindungsprozess (siehe Abb. 1).

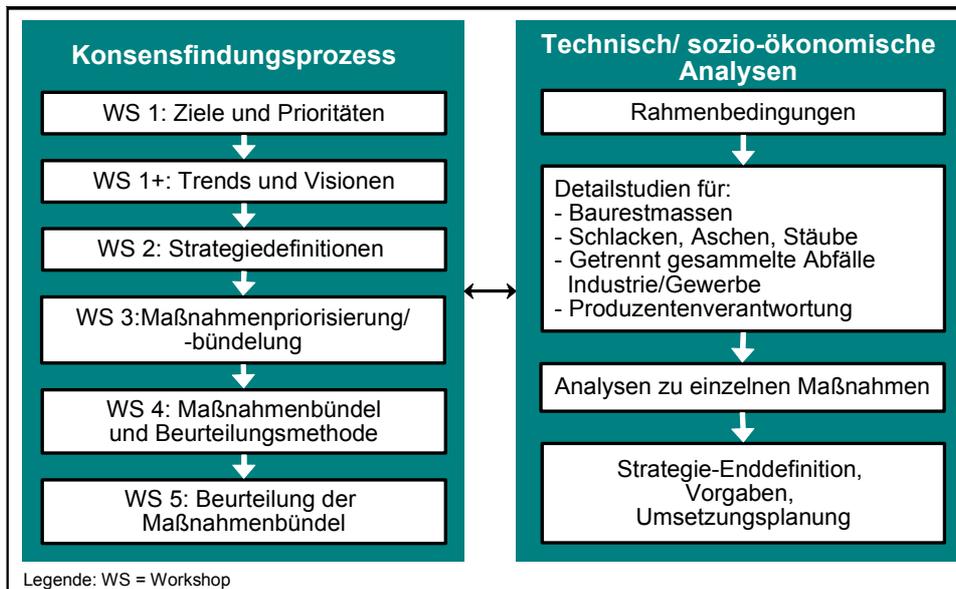


Abb. 1: Ablaufschema des Projektes „Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den BAWP 2006“.

Eine Empfehlung des Konsensfindungsprozesses war es, eine Detailstudie zum Thema Abfallvermeidung und -verwertung beim Abfallstrom „Baurestmassen“ durchzuführen, um zu identifizieren ob Handlungsbedarf bei und Handlungspotenziale für diesen Abfallstrom bestehen.

Es ist Ziel dieser Studie zur Entwicklung einer nachhaltigen Bauwirtschaft (siehe Abb. 2) beizutragen und

- den Ist-Zustand des Abfallstromes „Baurestmassen“ mit aktuellen Entwicklungen, Problemfeldern und Problemstoffen darzustellen,

- innovative Methoden und Technologien zusammenzufassen,
- die Rolle der beteiligten Interessengruppen und Hindernisse, die der Anwendung der effizientesten Methoden und Technologien entgegenstehen zu diskutieren,
- ordnungspolitische Maßnahmen zu konkretisieren und entsprechende Umsetzungspotenziale abzuschätzen,

um eine Empfehlung abgeben zu können, welche Vermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen im Detail im Bereich der Baurestmassen als sinnvoll erachtet werden.

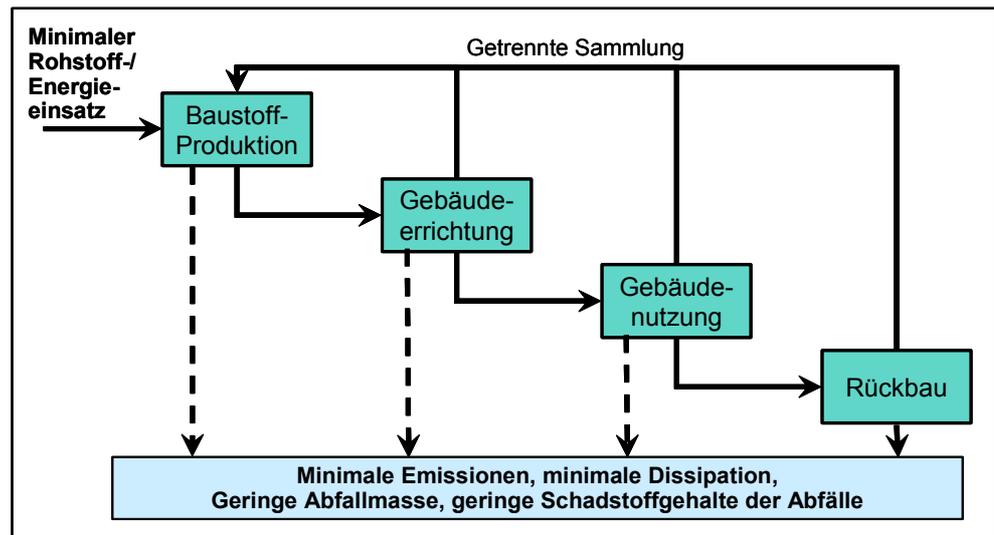


Abb. 2: Schema einer nachhaltigen Bauwirtschaft

Von den bei Bauvorhaben anfallenden Abfällen werden in der gegenwärtigen Studie folgende Baurestmassen der in der ÖNORM S 2100 definierten Abfallströme behandelt:

- Bauschutt – oft auch als mineralische Baurestmassen aus dem Hochbau bezeichnet
- Baustellenabfälle
- Straßenaufbruch sowie
- Gleisschotter,

wobei die ersten beiden Abfallströme detaillierter, die beiden letztgenannten Abfallströme im Überblick betrachtet werden.

## 1.1 Allgemeine Begriffsbestimmungen

Hier soll für diese Arbeit definiert werden, welche Materialien jeweils in den Abfallströmen Bauschutt, Baustellenabfälle bzw. Straßenaufbruch enthalten sind.

Einen ersten Ansatzpunkt dafür bietet die Deponieverordnung (BGBl 164/1996 i. d. F. BGBl. Nr. II 49/2004). Gemäß § 2 Abs. 4 Deponieverordnung sind **Baurestmassen** ein Gemenge von bei Bau- oder Abbrucharbeiten anfallenden Materialien, wie insbesondere Bodenaushub, Betonabbruch, Asphaltaufruch und mineralischer Bauschutt.

In der Anlage 2 der Deponieverordnung werden Bestandteile von Baurestmassen aufgelistet. Diese sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Typen von Baurestmassen gemäß Anlage 2 der Deponieverordnung.

Baurestmassen aus Abbruch- oder Sanierungsarbeiten laut Deponieverordnung		
Beton	Silikatbeton	Gasbeton
Ziegel	Klinker	Mauersteine auf Gipsbasis
Mörtel und Verputze	Stukkaturmaterial	Kaminsteine und Schamotte aus privaten Haushalten
Kies	Sand	Kalksandstein
Asphalt	Bitumen	Glas
Faserzement	Asbestzement <sup>1)</sup>	Fliesen
Natursteine	gebrochene natürliche Materialien	Porzellan
Magnesit- und zementgebundene Holzwolledämmplatten	zementgebundener Holzspanbeton	

<sup>1)</sup> Aufgrund des Europäischen Abfallkataloges werden auch stark gebundene asbesthaltige Bauabfälle (z. B. asbesthaltige Fassadenplatten und Dachziegel, AZ-Rohre) als gefährlich eingestuft. Die nationale Umsetzung ist derzeit in Vorbereitung.

Auch das Altlastensanierungsgesetz (BGBl Nr. 299/1989 i. d. F. BGBl. Nr. I 63/2001) bezieht sich bei der Begriffsbestimmung für Baurestmassen auf die Ausführungen in der Anlage 2 der Deponieverordnung (vgl. § 2 Abs. 6 ALSAG).

Aus diversen weiteren Literaturquellen (z. B. UMWELTBUNDESAMT 1995; BILITEWSKI et al. 2000) kann die in Tab. 2 wiedergegebene Begriffsdefinitionseinteilung abgeleitet werden, die auch von den Autoren **für die gegenständliche Studie angewendet wird**:



Tab. 2: *Materialien, die in den Abfallströmen Bodenaushub, Straßenaufbruch, Bauschutt und Baustellenabfälle enthalten sein können.*

<b>Baurestmassen</b>			
<b>Bodenaushub</b>	<b>Straßenaufbruch</b>	<b>Bauschutt</b>	<b>Baustellenabfälle</b>
Mutterboden	bituminös (Asphalt)	Beton	Holz
Sand, Kies	oder hydraulisch	Fliesen	Kunststoff
Lehm, Ton	(Beton) gebundene	Ziegel	Papier, Pappe
Steine	Stoffe	Kalkstein	Metalle
	Pflaster- und Rand-	Mörtel	Kabel
	steine	Gips	Farben, Lacke
	Sand, Kies, Schotter	Blähton	Bauschutt
		Gasbeton	
		Klinker	
		Natursteine	
		Mauersteine auf	
		Gipsbasis	

Der Begriff Bauschutt wird in der Literatur gleichbedeutend mit dem Begriff mineralische Baurestmassen aus dem Hochbau verwendet.

## 1.2 Abfallaufkommen

Abb. 3 zeigt die Materialströme im Bauwerk Österreich (GUA & VOGEL-LAHNER 2003). Zu sehen ist, dass ca. 100 Millionen Tonnen an Baumaterial jährlich zur Bewirtschaftung der Gebäude (zum Aufbau der österreichischen Bau-Infrastruktur) fix im System bleiben, ca. 177 Millionen Tonnen an Baumaterialien innerhalb des „Bauwerks“ Österreich im Kreislauf geführt werden. Lediglich ca. 28,5 Millionen Tonnen (davon 6,5 Millionen Tonnen Baurestmassen) werden in Richtung Abfallwirtschaft verbracht, um dort primär zu Recycling-Baustoffen aufbereitet zu werden.





Tab. 3: Aufkommen der untersuchten Baurestmassen in Österreich.

SN	Abfallbezeichnung nach ÖNORM S 2100 (1997)	Abfallaufkommen in t/a	
		BAWP 2001 (Basisjahr 1999)	2003
31409, 31427	Bauschutt/Brandschutt, Betonabbruch	3.500.000	3.800.000
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	1.100.000	1.100.000
31410	Straßenaufbruch	1.500.000	1.200.000
31467	Gleisschotter	227.000*	227.000

\*nach jüngsten Messungen aktualisierter Wert

Ein Vergleich des Aufkommens von Bauschutt aus den Jahren 1999 und 2003 (siehe Tab. 3), ergibt eine durchschnittliche Wachstumsrate von 2,1 % im Jahr. Auf der Basis einer WIFO-Prognose veröffentlichte die STATISTIK AUSTRIA (2005). Daten zum realen Wachstum des Sektors Bauwesen bis zum Jahr 2006. Das durchschnittliche Wachstum dieses Sektors zwischen 2001 und 2006 wird demnach ebenfalls 2,1 % pro Jahr betragen. Dies bildet die Grundlage für die Erwartung, dass das Aufkommen an Bauschutt in etwa mit der gleichen Rate wie der Sektor Bauwesen auch in Zukunft mit etwa 2,1 %/a wachsen wird. Daraus ergibt sich ein Aufkommen des Abfallstroms Bauschutt/Brandschutt, Betonabbruch für das Jahr 2010 von rund 4,4 Mt.

Was die Baustellenabfälle betrifft, so ist dieser Abfallstrom trotz Wachstum des Sektors Bauwesen in den letzten Jahren nicht gestiegen. Dies wird als positiver Effekt der in den vergangenen Jahren getroffenen Maßnahmen, insbesondere der Richtlinie für Recycling-Baustoffe (ÖBRV 2004), der Deponieverordnung (DeponieVO 1996) und der Baurestmassentrennverordnung gesehen. Es wird erwartet, dass sich dieser Trend auch in Zukunft fortsetzen wird, zumal die Effekte der Deponieverordnung erst ab dem Jahr 2004 voll sichtbar werden sollten.

In den Jahren 1999 bis 2003 ging das Aufkommen des Straßenaufbruchs um 20 % zurück. Dieser Rückgang wird auf verbesserte Verfahren zur Erneuerung der Fahrbahndecken durch Abfräsen, Aufschmelzen und unmittelbarer Wiederverwendung von Asphalt zurückgeführt. Für die nächsten Jahre wird ein weiterer Rückgang des Aufkommens von Asphaltabfällen in der Größenordnung von 3 %/a erwartet. Bei gleichzeitiger Stagnation des Aufkommens an Betonabfällen aus dem Straßenbau sollte in den nächsten Jahren das Aufkommen an Straßenaufbruch insgesamt – auch bei steigender Investitionstätigkeit in der Straßenerneuerung – leicht zurückgehen.

Das Aufkommen an Gleisschotter wird durch das Investitionsvolumen der ÖBB bestimmt. Es wird erwartet, dass das jährliche Investitionsvolumen der ÖBB auf dem gleichen Niveau weiterlaufen wird wie bisher. Deshalb wird auch für die Zukunft ein jährliches Aufkommen an Gleisschotter erwartet, das dem von 2003 (siehe Tab. 3) entspricht. Durch die Einstellung und den möglichen Rückbau von Nebenstrecken sowie durch die Modernisierung und den Ausbau von Hauptstrecken könnte es aber auch zu einem leichten Ansteigen dieses Abfallstroms kommen.

## 2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN UND BEHELFE

In diesem Kapitel werden ein Überblick über rechtliche Rahmenbedingungen, die Bauschutt, Baustellenabfälle und Straßenaufbruch betreffen, gegeben sowie weiters Behelfe – wie z. B. Erläuterungen – zitiert. Zusätzlich werden fallweise Informationen zur praktischen Umsetzung gegeben.

### 2.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002

Gemäß dem Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) gelten folgende Grundsätze (§ 1 Abs. 2):

1. Die Abfallmengen und deren Schadstoffgehalte sind so gering wie möglich zu halten (Abfallvermeidung).
2. Abfälle sind zu verwerten, soweit dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist, die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe bzw. die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung).
3. Nach Maßgabe der Ziffer 2 nicht verwertbare Abfälle sind, je nach ihrer Beschaffenheit, durch biologische, thermische, chemische oder physikalische Verfahren zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und ordnungsgemäß abzulagern (Abfallbeseitigung).

Weiters ist die Abfallwirtschaft im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass u. a (§ 1 Abs. 1)

1. schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen so gering wie möglich gehalten werden,
2. die Emissionen von Luftschadstoffen und klimarelevanten Gasen so gering wie möglich gehalten werden,
3. Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden,
4. bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotenzial aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und
5. nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt.

Das Abfallwirtschaftsgesetz formuliert neben den allgemeinen Grundsätzen der Abfallwirtschaft (Vermeidung – Verwertung – Beseitigung) ein eigenes Verwertungsgebot für Abfälle, die im Zuge von Bautätigkeiten anfallen (§ 16 Abs. 7):

- Verwertbare Materialien sind einer Verwertung zuzuführen, sofern dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist und dies nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist (= Verwertungsgebot für Abfälle, die beim Abbruch von Baulichkeiten anfallen).



- Nicht verwertbare Abfälle sind einer Behandlung im Sinne des § 1 Abs. 2 Z 3 zuzuführen (= Behandlungsgebot für derartige nicht verwertbare Abfälle).

Verpflichteter dieser Bestimmung ist grundsätzlich der Auftraggeber (Bauherr), das Bauunternehmen ist Erfüllungsgehilfe (gemäß VwGH, 27.05.1997, 94/05/0087, 94/05/0107). Sofern das Bauunternehmen neben den Abbrucharbeiten und dem Transport auch die Entsorgung der Abfälle vertraglich übernimmt (d. h. in eigenem Namen und auf eigene Rechnung agiert), treffen die Pflichten des § 16 Abs. 7 auch das Bauunternehmen als Abfallbesitzer (-sammler).

Die allgemeinen Behandlungspflichten für Abfallbesitzer (Vermischungsverbot, Behandlungspflichten für gefährliche und nicht gefährliche Abfälle) sind einzuhalten (§ 15 AWG). Ein Beispiel für eine unzulässige Vermischung wäre das Zumischen von Kunststoffabfällen zu gering verunreinigtem Bauschutt – vor dem Hintergrund, dass die Ablagerung von Baurestmassen mit maximal 10 % organischen Verunreinigungen (z. B. Kunststoff) auf einer Baurestmassendeponie genehmigt ist.

## 2.2 Baurestmassentrennungsverordnung

Die Baurestmassentrennungsverordnung schreibt die getrennte Sammlung und Verwertung der verwertbaren Baurestmassen vor.

Diese Verordnung verpflichtet den Bauherrn (Auftraggeber), grundsätzlich für die Einhaltung der Trennungs- und Verwertungspflichten zu sorgen.

Wenn im Rahmen der Bau- oder Abbruchtätigkeiten Mengenschwellen (siehe Tab. 1) überschritten werden, sind jene Stoffgruppen zu trennen, bei denen die Mengenschwelle überschritten ist. Eine Verwertungspflicht ist in § 16 Abs. 7 AWG 2002 enthalten (siehe Kapitel 2.1).

Eine Trennung in diese Stoffgruppen hat entweder am Anfallort oder in einer Behandlungsanlage zu erfolgen. Die Trennung ist dabei so durchzuführen, dass eine Verwertung der einzelnen Stoffgruppen möglich ist.

Der Anfall der Abfälle ist anhand von Aufzeichnungen entsprechend der Abfallnachweisverordnung nachzuweisen.

Für gefährliche Abfälle sind keine Mengenschwellen festgelegt. Sie sind daher stets von den nicht gefährlichen Abfällen zu trennen.

Tab. 4: Mengenschwellen der einzelnen Stoffgruppen laut Baurestmassentrennungsverordnung.

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

## 2.3 Abfallnachweisverordnung

Abfallbesitzer haben für jedes Kalenderjahr fortlaufende Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib des gesamten anfallenden Abfalls zu führen. Nachzuweisen sind

1. die Abfallart (gemäß Abfallverzeichnisverordnung),
2. die Abfallmenge,
3. die Abfallherkunft (Übergeber oder Verfahren),
4. der Abfallverbleib (Übernehmer oder Verfahren).

Die fortlaufenden Aufzeichnungen sind von den übrigen Geschäftsbüchern oder betrieblichen Aufzeichnungen getrennt zu führen.

Als Nachweis zur Erfüllung der Bestimmungen der Abfallnachweisverordnung und der Baurestmassentrennverordnung im Zuge von Bautätigkeiten wurde vom Fachverband der Bauindustrie und der Bundesinnung Bau ein „Baurestmassennachweisformular“ herausgegeben. Das erste derartige Formular basiert auf der Abfallnachweisverordnung aus dem Jahr 1991, die allerdings mit Ablauf 31. 12. 2003 außer Kraft trat. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Studie wird das Formular an die neuen rechtlichen Gegebenheiten angepasst. Hinsichtlich der Einführung des Europäischen Abfallkataloges wird jedenfalls eine weitere Anpassung zwingend notwendig sein.

Gefährliche Abfälle betreffend bestehen folgende weitere Verpflichtungen:

- Ein Abfallerzeuger, bei dem gefährliche Abfälle anfallen, hat diesen Umstand dem Landeshauptmann zu melden (§ 20 AWG 2002 und § 4 ANVO).
- Wer gefährliche Abfälle einer anderen Rechtsperson (Übernehmer) übergibt, hat Art, Menge, Herkunft und Verbleib der gefährlichen Abfälle und seine Identifikationsnummer in einem Begleitschein zu deklarieren. Mit der Bestätigung der Übernahme der gefährlichen Abfälle durch den Übernehmer gehen die Behandlungspflichten auf den Übernehmer über (§ 18 AWG 2002 und § 5 ANVO).
- Sämtliche Nachweise sind mindestens sieben Jahre aufzubewahren.

## 2.4 Deponieverordnung

Durch die Deponieverordnung wird der gegenwärtige Stand der Technik entsprechend der Ausstattung und Betriebsweise von Deponien festgelegt. Es werden 4 Deponietypen festgelegt und beschrieben:

1. Bodenaushubdeponie (für unbelasteten Bodenaushub),
2. Baurestmassendeponie (für mineralische Baurestmassen, verunreinigte Böden),
3. Reststoffdeponie (im Baubereich nur in Ausnahmefällen),
4. Massenabfalldeponie (für Baumischabfälle, stark belastete Böden).

Vor einer Deponierung sind Abfälle einer Gesamtbeurteilung durch eine Fachanstalt bzw. Fachperson zu unterziehen. Eine Gesamtbeurteilung von Baurestmassen, die auf einer Baurestmassendeponie oder einer Massenabfalldeponie abgelagert werden sollen, ist nicht erforderlich, „sofern eine Verunreinigung mit umweltgefährdenden Stoffen nicht zu besorgen ist.“



Zu Baurestmassen aus Abbruch- oder Sanierungsarbeiten zählen laut Deponieverordnung die in Tab. 1 aufgeführten Materialgruppen.

In den oben aufgezählten mineralischen Baurestmassen dürfen Bauwerksbestandteile aus Metall, Kunststoff, Holz oder andere organische Materialien wie Papier, Kork etc., in einem Ausmaß von insgesamt höchstens zehn Volumsprozent enthalten sein.

Die Vermischung eines Abfalls mit anderen Materialien oder Abfällen unter der Zielsetzung, geforderte Untersuchungen zu erschweren oder zu behindern, bzw. die Grenzwerte der Deponieverordnung durch den bloßen Mischvorgang zu unterschreiten, ist unzulässig.

## **2.5 Altlastensanierungsgesetz**

Das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) legt Altlastenbeiträge für das Deponieren und Verfüllen von Baurestmassen (Abfällen) fest.

Für Bodenaushubmaterial mit weniger als fünf Volumsprozent bodenfremder Bestandteile (z. B. Baurestmassen) fällt weder bei der Deponierung noch bei der Verfüllung ein ALSAG-Beitrag an, sofern der Bodenaushub keine starken Verunreinigungen aufweist.

Das Verfüllen von Geländeunebenheiten (ausgenommen mit Bodenaushub) oder das Vornehmen von Geländeanpassungen mit Baurestmassen ist beitragspflichtig. Keine Beitragspflicht besteht für Baurestmassen, die im Rahmen von übergeordneten Baumaßnahmen eine konkrete bautechnische Funktion erfüllen, wie z. B. Baugruben- oder Künettenverfüllung, Dämme und Unterbauten für Straßen und Fundamente.

Die Höhe des ALSAG-Beitrages je angefangener Tonne ist in Tab. 5 und in Tab. 6 dargestellt.



Tab. 5: Altlastenbeitrag für Abfälle, die auf Deponien abgelagert werden, die den Vorgaben der Deponieverordnung nicht entsprechen, oder außerhalb einer Deponie (z. B. beitragspflichtige Verwendung/Verwertung) zur Anwendung kommen (Besteuerung in € nach Abfallkategorie je angefangener Tonne).

	ab 1.1.2001	ab 1.1.2004	ab 1.1.2006	Zuschlag <sup>1)</sup>	Zuschlag <sup>2)</sup>
<b>gilt bis 31.12.2005</b>					
Baurestmassen	7,20	7,20		2,10	
Erdaushub, der den Kriterien der Baurestmassendeponie entspricht, Anteil an bodenfremden Bestandteilen > 5 %	7,20	7,20		2,10	
Erdaushub, der nicht den Kriterien der Baurestmassendeponie entspricht	14,50	21,80		14,50	
alle übrigen Abfälle	43,60	65,00		29,00	29,00
<b>gilt ab 1.1.2006</b>					
Verbrennung, Herstellung von Brennstoffprodukten aus Abfall			7,00		
Erdaushub			8,00	2,10	
Baurestmassen gemäß Anlage 2 DeponieVO			8,00	2,10	
mineralische Abfälle, Gesamtgehalt an org. Kohlenstoff max 3 %, Gesamtgehalt an Kohlenwasserstoffen 200 mg/kg TM, sonstige Kriterien der Baurestmassendeponie eingehalten			18,00	2,10	
alle übrigen Abfälle			87,00	29,00	29,00

<sup>1)</sup>...wenn kein Deponiebasisdichtungssystem oder keine vertikale Umschließung

<sup>2)</sup>...wenn Deponie zur Ablagerung von Hausmüll ohne entspr. Deponiegaserfassung und -behandlung betrieben wird

Tab. 6: Altlastenbeitrag für Abfälle, deren Abfallqualität den Vorgaben der Deponieverordnung entspricht und die auf einer Deponie abgelagert werden (Besteuerung in € nach Deponietyp je angefangener Tonne).

	ab 1.1.2001	ab 1.1.2004	ab 1.1.2006	Zuschlag <sup>1)</sup>
Bodenaushubdeponien			8,00	
Baurestmassendeponien	5,8	7,20	8,00	2,10
Reststoffdeponien	10,9	14,50	18,00	29,00
Massenabfalldeponien	14,5	21,80	26,00	29,00
Deponien für gefährliche Abfälle			26,00	

<sup>1)</sup>... wenn kein Deponiebasisdichtungssystem oder keine vertikale Umschließung



Als wesentliche Änderungen ab 1.1.2006 können genannt werden:

- Von der Beitragspflicht ausgenommen sind mineralische Baurestmassen (z. B. Granulate), sofern durch ein *Qualitätssicherungssystem* gewährleistet wird, dass eine gleich bleibende Qualität gegeben ist, und diese Abfälle im Zusammenhang mit einer Baumaßnahme verwendet werden.
- Weiters von der Beitragspflicht ausgenommen ist Erdaushub, der im Zusammenhang mit einer Baumaßnahme verwendet wird, sowie Erdaushub, sofern dieser die Kriterien der Baurestmassendeponie einhält und auf einer dafür genehmigten Deponie abgelagert wird. Erdaushub wird ab 1.1.2006 definiert als Material mit bodenfremden Bestandteilen, das durch Ausheben oder Abräumen anfällt, sofern der *überwiegende* Massenanteil Boden oder Erde ist. „Bodenfremde Bestandteile“ können z. B. mineralische Baurestmassen sein.

## 2.6 Abfallverzeichnisverordnung/Festsetzungsverordnung

Als gefährlicher Abfall gilt gemäß AbfallverzeichnisVO bis 31. Dezember 2008

- jede Abfallart, die in der ÖNORM S 2100 (inkl ÖNORM S 2100/AC 1) mit einem „g“ gekennzeichnet ist,
- jede Abfallart, die in der Anlage 5 der AbfallverzeichnisVO mit einem „g“ gekennzeichnet ist,
- jeder Abfall, der gefährliche Stoffe gemäß der AbfallverzeichnisVO enthält oder mit solchen vermischt ist, sodass eine Gefahrenrelevanz nicht von vornherein ausgeschlossen werden kann,
- Aushubmaterial von bestimmten Standorten, wenn die begründete Annahme besteht, dass eine gefahrenrelevante Eigenschaft zutrifft (z. B. Aushubmaterial von einer Altlast, einem kontaminierten Betriebsstandort etc.).

Die Entsorgung von gefährlichen Abfällen unterliegt gemäß AWG 2002 in Verbindung mit der AbfallnachweisVO der Begleitscheinplicht.

Für einen an sich gefährlichen Abfall kann gemäß AWG 2002 in Verbindung mit der Festsetzungsverordnung im Einzelfall der Nachweis erbracht werden, dass dieser Abfall keine gefahrenrelevanten Eigenschaften aufweist (= Ausstufung). Der Abfallbesitzer hat den Nachweis der Nichtgefährlichkeit des Abfalls unter Heranziehung einer externen befugten Fachperson oder Fachanstalt unter Verwendung eines Formulars der zuständigen Behörde anzuzeigen. Ausgestufte Abfälle unterliegen nicht mehr der Begleitscheinplicht. Beispiele für ausstufbare Abfälle aus dem Baubereich sind:

- Bauschutt und/oder Brandschutt mit schädlichen Verunreinigungen (SN 31441),
- Ölverunreinigte Böden (SN 31423),
- Sonstige verunreinigte Böden (SN 31424).

Die Ausstufung von Aushubmaterial ist in der Regel nur zulässig, wenn vor der Aushub- oder Abräumtätigkeit eine Ausstufungsbeurteilung vorgenommen wurde.

## 2.7 Abfallverbrennungsverordnung

Der Geltungsbereich der Abfallverbrennungsverordnung umfasst unter anderem Holzabfälle, die infolge einer Behandlung mit Holzschutzmitteln oder Beschichtung halogenorganische Verbindungen oder Schwermetalle enthalten können (§ 2 Abs. 2). Dies betrifft insbesondere Holzabfälle aus Bau- und Abbruchtätigkeiten. Die thermische Verwertung von Altholz aus der Bauwirtschaft fällt demnach grundsätzlich unter den Anwendungsbereich der Verbrennungsverordnung.

## 2.8 Verpackungsverordnung

Auf Baustellen fallen in der Regel folgende Verpackungen an: Kartonschachteln, Kraftpapiersäcke, Schrumpffolien, Kunststoffsäcke, Eimer, Kanister, Kartuschen, Styropor, PET-Flaschen, Umreifungsbänder, Griffe, Bügel, Dosen, Paletten etc.

Die gebrauchten Verpackungen sind laut Verpackungsverordnung letztlich einer Verwertung zuzuführen. Die Verpackungsverordnung kennt zwar explizit keine Rückgabepflicht, jedoch kann praktischerweise eine Verwertung gesichert werden, indem:

- die bei einem anerkannten Sammel- und Verwertungssystem vorlizenziierten Verpackungen dem System zugeführt werden (Nutzung der Sammeleinrichtungen des Sammel- und Verwertungssystems),
- die Verpackungen dem Rücknahmeverpflichteten (inländischer Lieferant) zurückgegeben werden,
- die Verpackungen direkt einer Verwertung zugeführt werden (Verwertung in eigenem Namen und auf eigene Rechnung).

Es ist Sorge zu tragen, dass nur vorlizenziierte Verpackungen in die Sammeleinrichtungen des entsprechenden Sammel- und Verwertungssystems eingebracht werden.

Fallen gebrauchte Verpackungen, die von direkt importierten Waren stammen, an (= Eigenimport), sind die jährlich angefallenen Mengen fortlaufend aufzuzeichnen (Anlage 3 der Verpackungsverordnung) und einer Verwertung zuzuführen (Verwertungsquoten siehe § 10 Verpackungsverordnung).



### 3 BESCHREIBUNG DER ABFALLSTRÖME

Abb. 4 zeigt am Beispiel eines konventionellen Wandaufbaus und Abb. 5 am Beispiel eines Dachaufbaus, dass bei heute üblichen Bauwerken bereits eine Vielzahl von Baustoffen eingesetzt wird.

Tab. 7 gibt eine Übersicht über die gängigsten aktuell eingesetzten Baumaterialien, strukturiert nach Bauphasen und Bauelementen.

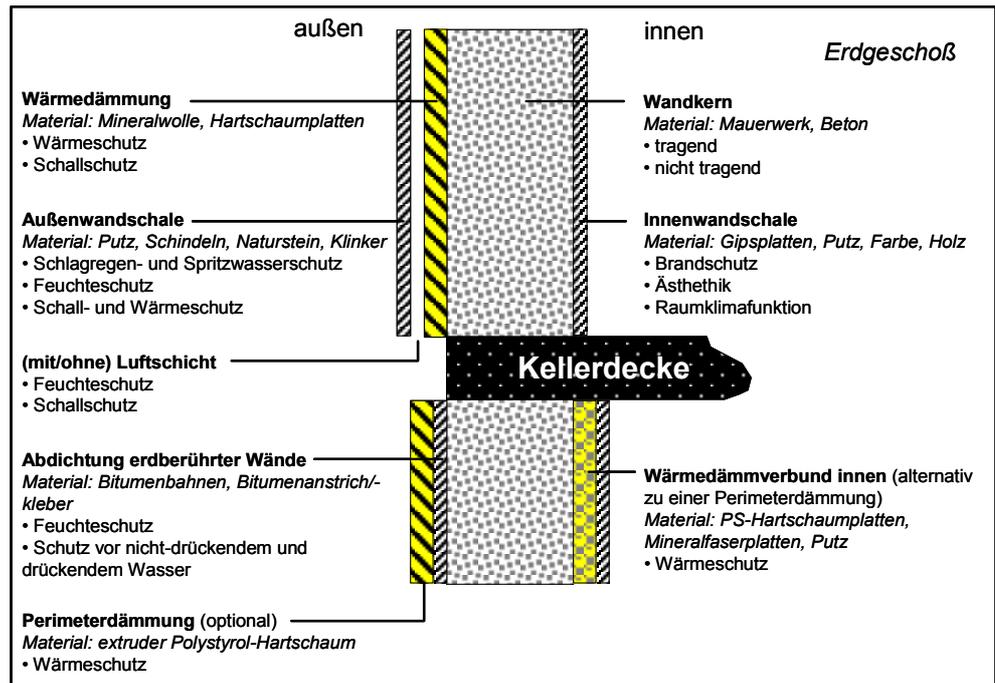


Abb. 4: Schematische Darstellung des Wandaufbaus und der Funktionalität der Wandschichten (LIPSMEIER 2004).

Schema	Material (u.a.)	Funktion
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dachziegel, Schiefer u.a.</li> <li>2. Holzlattung</li> <li>3. Holzsparren</li> <li>4. Unterspannbahn</li> <li>5. Mineralfasern</li> <li>6. Holzwerkstoffplatten, Gipskarton</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dachdeckung, Witterungsschutz</li> <li>2. Dachträger</li> <li>3. Träger für Dachdeckung und Bekleidung</li> <li>4. Dampf-/Luftperrre</li> <li>5. Wärme- und Schallschutzdämmung</li> <li>6. Brandschutz</li> </ol>

Abb. 5: Dachaufbau bei geneigten Dächern (LIPSMEIER 2004).



Tab. 7: Übersicht über die in verschiedenen Bauphasen bei verschiedenen Bauelementen eingesetzten Baustoffe (aus LIPSMEIER 2004).

Bauphase/Bauelement	Baustoff
Fundamentherstellung	Beton
	Bewehrungsstahl
Maurerleistungen	Mauersteine
	Mörtel
	Ausnahme: Werkfrischmörtel und Werkmörtel in Silo
	Trockenbauleistungen
	Gipskarton/Vollgipsplatten
	Verzinktes Stahlblech/Kantenschutz
	Schnellbauschrauben
	Mineralwolle
	Fugenspachtel
Wandverkleidungs-konstruktionen	Baustoff
Fliesenbekleidung	● Keramik
	● Organische Klebstoffe
Wärmedämmverbund-System	● Mineralfaserstoffe
	● Hartschaumkunststoffe (flammengeschützt)
	● Gipsputz, Zementputz
	● org. Klebmaterialien
Außen-/Innenputz	● Gipsmörtel
	● Zementmörtel
	● Gewebearmierung
	● Profilleisten
Vorsatzschale mit Leichtbauplatten	● Gipskarton-/Gipsplatten
	● Holz- oder Metallständerunterkonstruktion
	● Füllspachtelmasse
Verblendmauerwerk - Klinker	● Klinkersteine
	● Zementmörtel
	● Drahtanker
	● Mineralwolle
Farbanstrich	● Farbe
Natursteinfassade	● Naturstein
	● Mineralwolle
Fußbodenkonstruktionen	Baustoff
(Schwimmender) Estrich	● Zement
	● Kies
	● Folien
	● Hartschaumdämmung
Trockenboden	● Metallstützen
	● Glasfasergipsplatten/Pressspanplatten (un-/beschichtet)
	● Klebstoffe
Gussasphalt	● Bitumenvoranstrich
	● Asphalt



<b>Fußbodenbeläge</b>	<b>Baustoff</b>
Naturstein	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Marmor, Granit, Sandstein</li> <li>● Zementmörtel</li> </ul>
Fliesenbekleidung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Keramikplatten</li> <li>● Zementmörtel</li> <li>● Fugenmörtel</li> <li>● Fliesenkleber</li> </ul>
Parkett, Dielen, Laminat	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Holzplatten/-latten (un-/beschichtet)</li> <li>● Holzleim</li> <li>● Parkettkleber</li> </ul>
Teppich	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fasermineralmatten</li> <li>● Kleber</li> </ul>
Kunststoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Linoleum/PVC</li> </ul>
<b>Deckenunterkonstruktionen</b>	<b>Baustoff</b>
Holzverkleidung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Holztafeln und -latten</li> </ul>
abgehängte Decke	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Metallprofile/-stangen</li> <li>● Gipskarton</li> <li>● Fugenspachtel</li> <li>● (Element-)Metalldecke</li> </ul>
Putz	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gipsputz</li> </ul>
Anstrich	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Farbe</li> </ul>

### 3.1 Bauschutt

#### 3.1.1 Begriffsbestimmung und Zusammensetzung

Bauschutt ist ein Überbegriff für mineralische Stoffe, auch mit geringfügigen Fremdanteilen. Diese Fremdanteile stammen von Baumaterialien, die ursprünglich in funktionalem Zusammenhang mit dem Bauwerk standen und nicht getrennt vom mineralischen Bauschutt ausgebaut wurden (UMWELTBUNDESAMT 1995). Bauschutt stellt daher in der Regel ein heterogenes Materialgemisch aus vorwiegend mineralischen Bestandteilen wie Beton, Ziegeln, Klinkern, Kalksandsteinen, Natursteinen, Sand, Kies, Boden, Mörtel, Gips, Fliesen, Keramik, Stein- und Glaswolle sowie einem geringen Anteil an nicht mineralischen Stoffen wie Metallen, Holz, Kunststoffen, Pappe, Papier und Sonstigem dar. Es handelt sich um Materialien, die als Bruch, Verschnitt oder überschüssige, nicht mehr einsetzbare Rohmaterialien anfallen.

Den mengenbezogen größten Anteil bilden die mineralischen Baustoffe wie Beton, Sand und Ziegel. Mengenmäßig von geringerer Bedeutung sind die bitumengebundenen Stoffe und sonstigen nicht mineralischen Bestandteile (z. B. Kunststoff, Holz).

Die Zusammensetzung von Bauschutt wird durch zahlreiche Faktoren wie

- die Art der Bau- oder Abbruchmaßnahmen (Neubau, Umbau, Renovierung, Sanierung, Rückbau, Abbruch),
- die Art (Wohngebäude, Nichtwohngebäude, Sonderbauwerk),
- die Bauart und Bauweise,

- die Nutzung und das Alter des Bauwerks
- sowie durch den Standort beeinflusst

und ist daher sehr starken Schwankungen unterworfen.

Zum Bauschutt zählt auch Betonabbruch von Hochbauwerken, die überwiegend aus Beton bestehen.

Gegenwärtig fällt Bauschutt von Bauwerken an, die vorrangig in Mauerwerksbauweise (z. B. Ziegel) und in Mischbauweise (z. B. Stahlbeton) errichtet wurden, da diese Bauweise im letzten Jahrhundert dominierte. In Wien machen die Gebäude aus der Gründerzeit (vor 1945) rund 50 % aller Abbruchobjekte aus (MAYDL 1995). Gründerzeitgebäude bestehen zum überwiegenden Teil aus Ziegeln – die getrennt erfasst – problemlos einer Verwertung zugeführt werden können. Für die Zukunft ist eine Änderung in der Zusammensetzung zu erwarten. Vor allem der Anteil an Beton und Kunststoff in den Baurestmassen wird ansteigen.

### 3.1.2 Ort der Entstehung

Bauschutt fällt bei Bautätigkeiten, insbesondere im Zuge von Sanierungen, Umbauten und Abbrüchen an. Die Abfallgruppe Bauschutt umfasst daher Abfälle, die als Verschnitt, Bruch oder überschüssige, nicht mehr einsetzbare Rohmaterialien anfallen (sog. mineralische Baureststoffe) (WALKER 2000).

In der Regel steht auf jeder größeren Baustelle ein Behälter (zumeist eine Abkipmulde) zur Aufnahme von sortenreinem mineralischem Bauschutt bereit. Auf kleinräumigen Baustellen (z. B. im dicht verbauten städtischen Bereich, wo die Fläche für die Bereitstellung von Abkipmulden stark limitiert ist) steht oftmals nur ein Behälter für sämtliche anfallenden Abfälle zur Verfügung (siehe auch Kapitel 3.2).

### 3.1.3 Stoffliche Eigenschaften

In derzeit laufenden Projekten des Umweltbundesamtes (UMWELTBUNDESAMT 2005a) werden publizierte sowie eigens analysierte Schadstoffgehalte von Bauschutt und Recycling-Baustoffen gesammelt und mit legislativen Grenzwerten (z. B. EU-Ratsentscheidung für Inertstoffdeponien (ENTSCHEIDUNG 2003/33/EG)) verglichen. Es zeigt sich, dass Baurestmassen von Hochbauten in der Regel hohe Sulfatgehalte im Eluat und dadurch bedingt einen hohen Abdampfdruck und eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Die hohen Sulfatgehalte basieren auf den Gipsanteilen im Bauschutt.

### 3.1.4 Wirkung des Abfallstromes auf Gesundheit und Umwelt (Gefährdungspotenzial und Umweltbeeinträchtigung)

In Abhängigkeit von der Verunreinigung erfolgt eine Untergliederung in unbelasteten, belasteten und schadstoffverunreinigten Bauschutt.

Als unbelasteter bzw. gering belasteter Bauschutt wird – ohne eingehende Überprüfung – das mineralische Material bezeichnet, das bei Abbrucharbeiten (vorwiegend durch Rückbau) von nicht kontaminierten Bauwerken anfällt und nur einen geringen Anteil (< 10 Vol.-%) an nicht-mineralischen Bestandteilen enthält.



Beim herkömmlichen Abbruch nicht kontaminierter Gebäude – ohne vorherige Rückbaumaßnahmen – ist mit dem Anfall von belastetem Bauschutt zu rechnen, der größere Mengen an nicht-mineralischen Bestandteilen (> 10 Vol.-%) aufweist. Bei den Verunreinigungen handelt es sich um die ehemals festen Bestandteile des Gebäudes, die in einem funktionalen Zusammenhang mit diesem standen, wie z. B. Fußböden, Installationen, Wand- und Deckenverkleidungen.

Schadstoffverunreinigter Bauschutt liegt vor, wenn die mineralischen Abbruchmassen wasser-, boden- oder gesundheitsgefährdende Stoffe enthalten, die aufgrund des Gehalts dieser Stoffe zu nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt führen können (BILITEWSKI et al. 2000). „Schadstoffe können einerseits anwendungsspezifischen oder nutzungsbedingten Ursprungs sein oder aber durch den Einsatz schadstoffhaltiger Baumaterialien (z. B. Asbest) in den Bauschutt gelangen. Bei einigen Produktionsbetrieben kann anhand der vorherigen Nutzung (z. B. Industriebauwerke, Tankstellen u. Ä.) auf eine daraus resultierende Kontamination ganzer Gebäude oder einzelner Gebäudeteile geschlossen werden. Eine historische Erkundung kann deshalb schon im Vorfeld Aufschluss über eine mögliche Kontamination einer Produktionsstätte geben“ (PLADERER et al. 2004).

Im Hinblick auf die künftige Verwertbarkeit sind umweltgefährdende Baustoffe und Bauchemikalien von Interesse, die in Summe weniger als ein Masseprozent des Baustoffeinsatzes betragen. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die bei der Beton-, Mörtel- und Estrichherstellung verwendeten Zusatzmittel und -stoffe sowie die Klebstoffe, Dichtmassen, Beschichtungen und Farbstoffe des Bauwerks. Da bei Abbruch Tätigkeiten normalerweise nicht zwischen Bauteilen mit und ohne Zusatz von umweltgefährdenden Stoffen unterschieden werden kann, gelangen letztere bei der Abfallaufbereitung gegebenenfalls in die mineralischen Recycling-Baustoffe und schränken deren Verwertbarkeit ein (ROOS & WALKER 1995).

PCB weisen einige günstige technische Eigenschaften auf. Sie sind z. B. wasserunlöslich und chemisch stabil, beständig gegenüber Hitze, Licht, Säuren und Basen, haben eine hohe Brandfestigkeit, eine gute Alterungsbeständigkeit, gute elektrische und thermische Isoliereigenschaften (LANDESINSTITUT FÜR BAUWESEN DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2003). Daher fanden PCB bis Anfang der siebziger Jahre breite Verwendung in der Baustoff- und Elektroindustrie. Für weitere Informationen zu PCB (Quellen, Sanierung PCB-belasteter Bauteile in Gebäuden etc.) siehe Kapitel 3.2.3.

Hohe PAK-Gehalte weist Bauschutt auf, der mit Teer (z. B. Teerpappe) kontaminiert ist oder Bestandteile von Kaminen (Ruß) aufweist. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass der PAK-Gehalt von Proben, die aus einem konventionellen Abbruch gewonnen wurden, im Vergleich zu Proben, die aus einem Rückbau stammen sechsmal höher ist (SINDT et al. 1997). Beim Rückbau wurden Teerpappen und Kamine vom mineralischen Bauschutt getrennt gehalten. (Für eine Beschreibung der Eigenschaften der PAK siehe Kapitel 3.3.3.)

Chemisch-analytische Untersuchungen an Recycling-Baustoffen aus Hochbaurestmassen haben gezeigt, dass in Hochbaurestmassen auch nennenswerte Gesamtgehalte an Kupfer und Blei enthalten sein können (UMWELTBUNDESAMT 2005b).

Beim Einsatz von Recycling-Baustoffen in ungebundener Form (z. B. Schüttung) ist – im Vergleich zum Einsatz in gebundener Form (z. B. in Zement gebunden) – die Möglichkeit der Umweltgefährdung erhöht. Eine schädliche Beeinflussung von Grund- und Bodengewässern ist zu vermeiden. Dies ist nur dann möglich, wenn sichergestellt ist, dass das Auslaugverhalten auch langfristig dem geogenen Hinter-

grund entspricht und der Anwendungsort und die bautechnischen Maßnahmen dem zu erwartenden Konzentrationsniveau entsprechend ausgewählt werden (UMWELTBUNDESAMT 1995).

Der wesentliche Stoffaustrag bei der Anwendung von Recycling-Baustoffen erfolgt durch die den Baukörper durchsickernden Niederschlagswässer. Die Löslichkeit von Inhaltsstoffen ist daher ein wesentliches Kriterium für den Einsatz eines Materials. Ein Oberflächenverschluss (z. B. Asphaltdecke) minimiert eine Durchsickerung. Betreffend Umweltverträglichkeitsanforderungen an Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen siehe Kapitel 3.1.5.

### 3.1.5 Behandlungstechnologien

Auf der Baustelle sollte grundsätzlich eine Trennung von „sauberem“ Bauschutt und anderen Abfällen wie Gipskartonplatten, Folienabfällen, Papierabfällen etc., durchgeführt werden. Sortenrein getrennt gesammelter Bauschutt kann in der Regel direkt verwertet werden.

Gemischt gesammelte Abfälle müssen vor einer Ablagerung auf einer Baurestasendeponie durch eine Sortieranlage nachsortiert werden und können nur mit entsprechenden Mehrkosten einer Verwertung zugeführt werden. In der Regel kann nur aus maschinell nachsortierten Baustellenabfällen mittels Trommelsieb, Winddichter etc. eine für eine Verwertung geeignete Bauschuttfraktion gewonnen werden (PLADERER et al. 2004).

Zur weiteren Aufbereitung des Bauschutts zu einem qualitativ hochwertigen Sekundäraustoff müssen Störstoffe, wie beispielsweise organische Leichtstofffraktionen oder quellende Bestandteile, sowie Schadstoffe (PAK, Schwermetalle) entfernt werden. Grundsätzlich stehen für die Schadstofftrennung derzeit das trockene und das nasse Bauschuttaufbereitungsverfahren zur Verfügung.

Die Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen erfolgt nach klassischen Techniken der seit Jahrzehnten im Bergbau bewährten Verfahren. Als Zerkleinerungsggregate werden überwiegend Prall-, Backen- und Schlagwalzenbrecher eingesetzt.

In GRECH et al. (2002) wird das Verfahrensschema einer Baurestmassenaufbereitungsanlage beschrieben (GRECH et al. 2003), das in leicht abgewandelter Form allgemeine Gültigkeit hat: Nach der Anlieferung der Baurestmassen erfolgt eine händische Aussortierung von Verunreinigungen wie z. B. Kunststoffen, Holz, Metallen, Papier sowie eine Vorzerkleinerung größerer Anteile. Das aufzubereitende Material wird mit einem Radlader in die Einfüllgasse gekippt, wobei vor dem eigentlichen Brecher die Möglichkeit einer Vorabsiebung besteht. Nach dem Brecher werden mit Hilfe eines Permanentbandmagneten Eisenteile entfernt. Das gebrochene und von Eisenteilen gereinigte Material wird im nächsten Schritt der Siebmaschine zugeführt, mittels derer die Klassierung in verschiedene Korngrößenfraktionen stattfindet.

Neben der oben beschriebenen Trockensortierung werden bei einer Nasssortierung in einem Wasserbett nach dem Sink-Schwimm-Verfahren leicht aufschwimmende Anteile (Holz, Kunststoffe, Papier etc.) mit dem Wasserstrom ausgetragen, während die Recycling-Baustoffe über einen Förderer in entgegengesetzter Richtung einem Entwässerungssieb zugeführt werden (BILITEWSKI et al. 2000).

Einige Aufbereitungsanlagen, die nach dem Trockenverfahren arbeiten, führen nach der Klassierung noch eine Windsichtung durch, um Leichtfraktionsanteile auszublasen. Dadurch können sehr reine mineralische Recycling-Baustoffe hergestellt werden, die von Holz- und Kunststoffpartikeln weitgehend frei sind.

Um eine möglichst hohe stoffliche Qualität des Endproduktes zu erreichen, wird einerseits eine weitestgehende Vorsortierung vor der Aufgabe in den Brecher, andererseits die Abtrennung unerwünschter Bestandteile nach der Zerkleinerung durchgeführt.

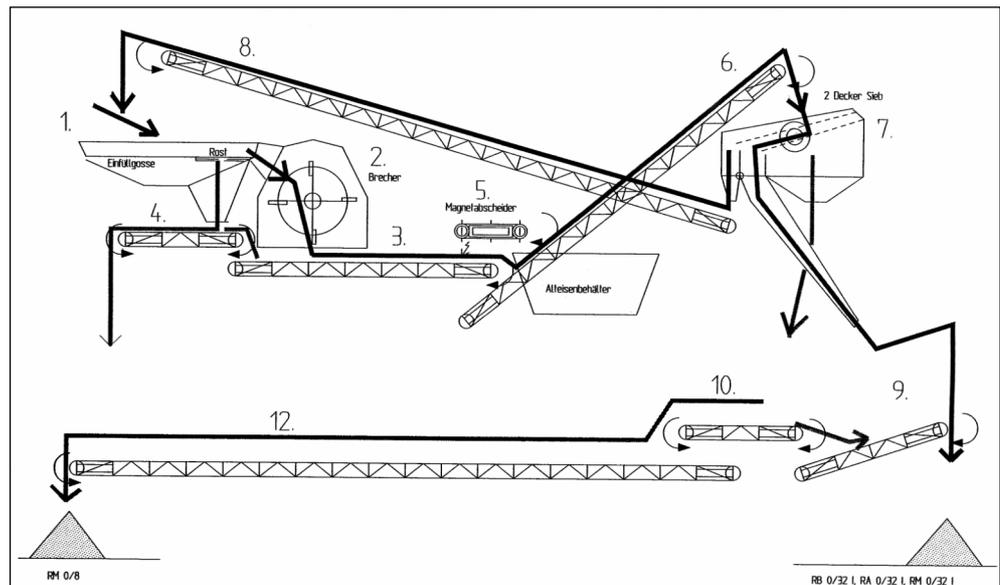


Abb. 6: Schematische Darstellung der Materialaufbereitung der Fa. ContraCon.

#### LEGENDE

- 1.) Vibrationsrinne/Einfüllgasse mit Übergaberost
- 2.) Prallbrecher
- 3.) Abzugsband Brecherauslauf
- 4.) Reversierband Rostdurchlauf oder Brecherbypass
- 5.) Magnetbandeisenabscheider
- 6.) Abzugsband zu Sieb
- 7.) Doppeldeckersieb
- 8.) Abzugsband vom 1. Siebdeck: Grobkorn Brecherrücklauf
- 9.) Abzugsband vom 2. Siebdeck: Lagerboxen
- 10.) Reversierband Feianteile/Rostdurchlauf/Boxen
- 12.) Austragsband Feianteile/Rostdurchlauf/Boxen

Am Beispiel von drei Anlagen in Österreich, den Niederlanden und USA wurde dargestellt (JUNGMANN 1997), dass das vermeintlich teurere Nassverfahren Produkte erzeugt, deren geforderte Qualitätsmerkmale allein durch Trockenaufbereitung nicht zu erreichen sind. Es besteht kein Zweifel, dass der aktuelle Stand der Technik bei der Bauschutttaufbereitung bestehend aus den Verfahrensschritten: Brechen – Sieben – Magnetscheidung sowie Windsichtung die zurzeit billigste und unkomplizierteste Art der Aufbereitung von Bauschutt und Straßenaufbruchmaterial ist (JUNGMANN

1997). Bei den Anlagen in Österreich, den Niederlanden und USA sind die Betreiber der Meinung, dass die Bauschuttprodukte hinsichtlich Homogenität, Kornzusammensetzung und Reinheit nur durch Nassaufbereitung in der geforderten Qualität herstellbar sind. Die trockene Aufbereitung hat sich in der Praxis aufgrund der einfacheren Technik in den letzten Jahren dennoch durchgesetzt.

Es wird daher der Schluss gezogen, dass prinzipiell beide Verfahren – also nasse und trockene Aufbereitungsverfahren – geeignet sind, bezüglich der stofflichen Qualität hochwertige mineralische Fraktionen zu produzieren (UMWELTBUNDESAMT 1998). Sowohl ein 1998 durchgeführter Literaturvergleich als auch entsprechende Untersuchungen (UMWELTBUNDESAMT 1998) belegen allerdings, dass die wichtigste Grundlage hierfür ein „sauberes“ Eingangsmaterial ist, da weder nasse noch trockene Verfahren in der Lage sind, gezielt die stoffliche Qualität der Sortierprodukte zu verbessern. Daraus lässt sich folgern, dass für ein erfolgreiches Recycling von Baurestmassen die bestmögliche Trennung beim Abbruch auf der Baustelle (selektiver Rückbau) notwendig ist.

Die an zwei Bauschutttaufbereitungsanlagen (SINDT et al. 1997) unterschiedlicher Konfiguration durchgeführten Analysen haben gezeigt, dass aufbereitungsseitig die Möglichkeit zur Aufkonzentrierung von Schadstoffen insbesondere durch die Absiebung der Feinfraktion (0 bis 4 bzw. 0 bis 8 mm), in der sich die Schadstoffe überwiegend anreichern, besteht. Doch weitere Untersuchungen zeigten, dass die Schadstoffverteilung ab einer gewissen Korngröße (hier 4 mm) nur noch geringfügig mit der Korngröße der Partikel korreliert, sodass die Schadstoffe nur bedingt durch Absiebung ausgeschleust werden können. Die Untersuchungsergebnisse über den Einfluss der Bauschuttzusammensetzung auf die Umweltverträglichkeit des Recyclingmaterials zeigten, dass die im Bauschutt vorhandenen Schadstoffe zu Umweltbeeinträchtigungen führen. Diese können jedoch durch die getrennte Demontage belasteter Bauteile deutlich verringert werden. Durch die Entfernung von Teerpapen und vor allem von Schornsteinen wurden die Gehalte an organischen Schadstoffen wie Kohlenwasserstoffen und PAK stark reduziert. Darüber hinaus brachte die Entfernung ausgewählter gipshaltiger Bauteile eine deutliche Senkung der Sulfatkonzentration im Eluat sowie der Leitfähigkeit. Was die Schwermetallgehalte im Feststoff anbelangt, zeigte sich jedoch, dass selbst eine strikte Trennung aller nicht-mineralischen Bauteile nur einen geringen Einfluss auf den Gehalt an Schwermetallen hat, da über 90 % aller Schwermetalle im Gebäude auf die mineralischen Baustoffe bzw. Natursteine zurückzuführen sind.

Bei Bauschutt kann zwischen der Verwertung als Baustoff und als Rohstoff unterschieden werden. Die Verwertung als Baustoff für untergeordnete Bauzwecke (Dammschüttung im Verkehrswegebau und im Hochwasserschutz, Herstellung von Lärm- und Sichtschutzwällen, Filter- und Drainageschichten sowie Baustraßen, Hinterfüllung und Überschüttung von Bauwerken usw.) kann – sofern der Bauschutt aufgrund seiner stofflichen Zusammensetzung und der Materialeigenschaften dazu geeignet ist – ohne Aufbereitung erfolgen.

Nach entsprechender Aufbereitung und dem Nachweis der technischen Eignung sowie ggf. der Umweltverträglichkeit können gereinigte Bauschuttfraktionen als hochwertige Baustoffe im Bauwesen Verwendung finden. Weiterhin kann aufbereiteter Bauschutt als Rohstoff zur Baustoff- und Bauproduktherstellung bzw. für sonstige industrielle Zwecke eingesetzt werden (WALKER 2000).

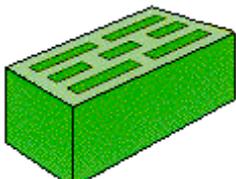
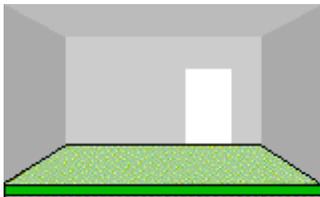
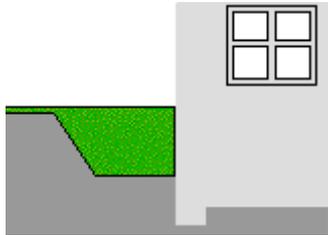


Mineralischer Bauschutt kann nach entsprechender Aufbereitung entweder als Zuschlag zur Herstellung von Beton unterschiedlicher Güte verwendet werden (in der Regel zementgebunden) oder als Füll- und Schüttmaterial, das lediglich mechanisch verdichtet wird (ungebunden). Folgende Anwendungsgebiete stehen mineralischem Bauschutt nach entsprechender Aufbereitung offen (MAYDL 1995):

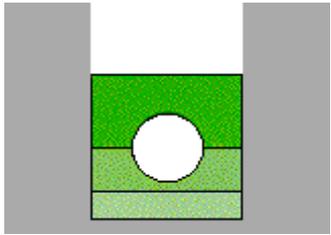
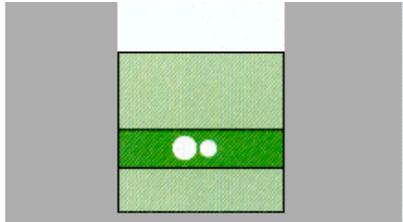
- Lärmschutzwälle
- Hinterfüllungen und Überschüttungen von Bauwerken
- Verfüllungen von Leitungsgräben (Kabelsande) und Künetten
- Unterbau von Straßen
- Untergrundverbesserungen und Bodenfestigkeit
- Unterbau von Park- und Sportplätzen
- Rad- und Gehwege
- Schichten ohne Bindemittel
- hydraulisch oder bituminös gebundene Schichten des Straßenbaus
- Befestigung ländlicher Wege
- Sauberkeitsschichten unter Gebäuden
- Zuschlag für Beton
- Streusand
- Ziegelsplittbeton
- Füllstoff für mineralische Dichtschilder bei Schmalwänden und Deponieabdichtungen
- Unterbau von Gehsteigen.

Für den Einsatz am Bau ist es erforderlich, dass Baumaterialien bestimmte bautechnische Eigenschaften aufweisen. Ein Ziel der Aufbereitung von Baurestmassen ist es, bei den entstehenden Recycling-Baustoffen die gleichen Qualitätsstandards zu erreichen wie sie von Primärbaustoffen gefordert werden. Zu diesem Zweck wurden vom Österreichischen Güteschutzverband Recycling-Baustoffe und dem Österreichischen Baustoff-Recycling Verband (ÖBRV) Richtlinien für Recycling-Baustoffe definiert, die Art und Umfang von Prüfungen an wieder gewonnenen Baustoffen regeln. Die Anforderungen an recyceltes Material und dessen Einsatzmöglichkeiten wurden damit festgelegt. Tab. 8 fasst die entsprechenden Verwertungsmöglichkeiten von Hochbaurestmassen zusammen.

Tab. 8: Verwertung von Hochbaurestmassen.

<p><b>Ziegelbruch</b></p> <p>Herkunft: Ziegelproduktion,</p> 	<p><b>Kurzbezeichnung: RZ</b></p> <p>Recyclierter Ziegelsand, Recyclierter Ziegelsplitt, (vorwiegend Ziegel)</p> 	<p><b>Qualitätsbaustoff für</b></p> <p>Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton und Leichtbeton, Stabilisierungen, Drainageschichten, Füllungen, Schüttungen</p> 
<p><b>Hochbau-/Ziegelbruch</b></p> <p>Herkunft: Wohnbau und Hochbauabbruch</p> 	<p><b>Kurzbezeichnung: RHZ</b></p> <p>Recyclierter Hochbauziegelsand Recyclierter Hochbauziegelsplitt (Ziegel über 33 %, mit z. B. Betonanteil)</p> 	<p><b>Qualitätsbaustoff für</b></p> <p>Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton und Leichtbeton; Stabilisierungen, Füllungen, Schüttungen, Estriche</p> 
<p><b>Hochbauabbruch</b></p> <p>Herkunft: Industrieabbruch und allg. Hochbauabbruch</p> 	<p><b>Kurzbezeichnung: RH</b></p> <p>Recyclierter Hochbausand Recyclierter Hochbausplitt (Ziegel unter 33 % mit z. B. Betonanteil)</p> 	<p><b>Qualitätsbaustoff für</b></p> <p>stabilisierte Schüttungen, stabilisierte Künettenverfüllungen, Sportplatzbau</p> 



<b>Mineralische Hochbaurestmassen</b>	<b>Kurzbezeichnung: RMH</b>	<b>Qualitätsbaustoff für</b>
<p>Herkunft: Industriebauabbruch und allg. Hochbauabbruch</p> 	<p>Mineralische Hochbaurestmassen (Beton, Ziegel, natürliches Gestein)</p> 	<p>Künettenverfüllungen, Hinterfüllungen, Schüttungen, Sportplatzbau-Drainage</p> 
<b>Recycling-Sand</b>	<b>Kurzbezeichnung: RS</b>	<b>Qualitätsbaustoff für</b>
<p>Herkunft: Industriebau- und allg. Hochbauabbruch</p> 	<p>Recycling-Sand</p> 	<p>Die Bettung von Energie- und Fernmeldekabeln (Kabelsand) von Leitungsrohren, z. B. von Kanal-, Gas-, Wasserleitungsrohren sowie für weitere Infrastruktureinrichtungen</p> 

(Quelle: ÖBRV 2003).

Vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband wurden bislang vier Richtlinien herausgegeben, die als zulässiges Inputmaterial Bauschutt aus Hochbaurestmassen zum Gegenstand haben:

- *Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen, Anwendungsbereich: Ungebundene Massen, Juli 1996*

Recycling-Baustoffe gemäß dieser Richtlinie (RMH-Material) sind aus mineralischen Hochbaurestmassen durch Rückbau von entsprechenden Bauten und Bauteilen und eine entsprechende Aufbereitung entstandene Korngemische und Korngruppen mit definierten Eigenschaften und Prüfbestimmungen. Diese Recycling-Baustoffe bestehen aus recyceltem gebrochenem Granulat aus Beton, Mauerwerk und natürlichem Gestein. Der Einsatz als Recycling-Baustoffe erfolgt in ungebundenen Massen (Schüttungen). Mögliche Anwendungsbereiche: Verdichtete (z. B. Lärmschutzwälle) und unverdichtete (z. B. Hinterfüllungen) Schüttungen, hydraulisch gebundene Anwendungen.



- *Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen, Anwendungsbereich: Zementgebundene Massen, Mai 1995*

Recycling-Baustoffe gemäß dieser Richtlinie werden ebenfalls durch Aufbereitung von Hochbaurestmassen erzeugt. Die dadurch gewonnenen Sande bzw. Splitte werden je nach Ziegelanteil als RZ-, RHZ- oder RH-Material eingestuft.

Die Eigenschaften sind im Hinblick auf eine Verwendung bei der Herstellung von zementgebundenen Baustoffen und Bauteilen (Beton, Hohlblocksteine, Estriche, ...) festgelegt.

- *Richtlinie für Recycling-Sand aus mineralischen Baurestmassen, Oktober 1998*

Diese Richtlinie regelt die Anforderungen und Eigenschaften für einen aus Baurestmassen gewonnenen Recycling-Baustoff (RS), der für folgende Bereiche verwendet werden kann: a) Kabelsand für die Bettung von Energie- und Fernmeldekabeln; b) Sand für die Bettung von Leitungsrohren, insbesondere Kanalrohre, Gasrohre, Wasserleitungsrohre sowie c) Weitere Infrastruktureinrichtungen.

- *Richtlinie für fließfähiges, selbstverdichtendes Künnettenfüllmaterial mit recyceltem, gebrochenem Material, 2004*

Die Richtlinie enthält die Güteanforderungen und Prüfbestimmungen für fließfähiges, selbstverdichtendes Künnettenfüllmaterial mit recyceltem, gebrochenem Material (RFM).

Weiters ist die „*Richtlinie für die Aufbereitung kontaminierter Böden und Bauteile*“, Dez. 2004, zu erwähnen.

Diese Richtlinie regelt die Art und den Umfang der Prüfung an wiederaufbereiteten Böden und Bauteilen sowie an den Aufbereitungsanlagen. Sie soll dazu dienen, dass bei der Aufbereitung gleich bleibende Vorgangsweisen angewandt werden und die Voraussetzungen für eine einheitliche Beurteilung der Aufbereitungsmethoden und der aufbereiteten kontaminierten Böden und Bauteile geschaffen werden.

Mitglieder des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes können das Gütesiegel für Recycling-Baustoffe für bestimmte Qualitätsprodukte erwerben. Eine regelmäßige Produktionsüberwachung durch akkreditierte Laboratorien soll das hohe Niveau und den gleich bleibenden Standard dieser Qualitätsbaustoffe garantieren.

In den vorhandenen Richtlinien des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen wurden auch Regelungen für die Umweltverträglichkeit der Recycling-Baustoffe eingeführt. Folgend eine zusammenfassende Darstellung dieser Regelungen (GRECH et al. 2003):

- Grundsätzlich wird die Umweltverträglichkeit über Eluatgrenzwerte geregelt. Dabei haben Recycling-Baustoffe generell die Grenzwerte der Eluatklasse Ib einzuhalten, wobei nur ausgewählte Parameter zu untersuchen sind: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Summe KW, PAK, Chlorid, Sulfat, Pb, Cr, Cu.

(Interessanterweise finden sich in der ÖNORM S 2072 für die Eluatklasse Ib keine Grenzwerte für Chloride und Sulfate.)

- Für die Fraktionen RZ, RHZ und RH gibt es nur Grenzwerte für Sulfat und Chlorid.
- Bzgl. dieser zu untersuchenden Parametern gibt es eine Reihe von zusätzlichen Regelungen.
- Bei Verwendung von Recycling-Baustoffen außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches sind bei den Parametern pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat, Summe KW die Grenzwerte der Eluatklasse IIa einzuhalten.
- Bei RS ist zusätzlich ein CSB-Grenzwert von 40.000 mg/l einzuhalten.



Die derzeitigen Umweltverträglichkeitsbestimmungen für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen werden zurzeit vom Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft evaluiert. Anhand der Ergebnisse von chemisch-analytischen Untersuchungen wird ein neuer Vorschlag für eine Umweltverträglichkeitsregelung für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen ausgearbeitet (UMWELTBUNDESAMT 2005b).

Zusätzlich wurden vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband Merkblätter und Richtlinien zu folgenden Themen herausgeben (ÖBRV 2003):

- *Merkblatt „RFM – fließfähiges selbstverdichtendes Künnettenfüllmaterial mit recyceltem, gebrochenem Material“, August 2003*

Die neue Methode zur Verfüllung von Leitungsgräben mittels RFM (fließfähiges, selbstverdichtendes Künnettenfüllmaterial mit recyceltem, gebrochenem Material) sieht im Falle des Austausches des Aushubmaterials den Einsatz von qualitätsgesichertem Recyclingmaterial vor. Dieses Merkblatt soll den technisch richtigen Einsatz dieses Materials unterstützen und helfen, Fahrbahnsetzungen und deren Folgewirkungen zu vermeiden sowie schädliche Umweltauswirkungen (z. B.: Staub, Lärm, Erschütterungen) zu minimieren.

- *Merkblatt „Recycling-Baustoffe für Leitungsgräben“, November 2001*

Dieses Merkblatt soll den technisch richtigen Einsatz dieses Materials unterstützen und helfen, Fahrbahnsetzungen und deren Folgewirkungen zu vermeiden, sowie schädliche Umweltauswirkungen zu minimieren. Sehr gut geeignet für den Einbau in der Wiederverfüllungszone sind

- RB 0/32 recyceltes, gebrochenes Betongranulat, Güteklassen I, II a und II b
- RM 0/32 recyceltes, gebrochenes Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein, Güteklassen I, II a und II b
- RAB 0/32 recyceltes gebrochenes Asphalt-/Betonmischgranulat, Güteklassen I, II a und II b (Asphaltanteil < 50 % analog RVS 3.63)
- RMH 0/32 recycelte mineralische Hochbaurestmassen bei begrenztem Ziegelanteil.

- *Merkblatt „Mobile Aufbereitung von mineralischen Baurestmassen und Bodenaushub“, September 2004*

Das gegenständliche Papier soll Unternehmen, Bauherren und Behörden als einheitliche Grundlage zur mobilen Aufbereitung von mineralischen, ungefährlichen Baurestmassen und Bodenaushub dienen. Es werden grundsätzliche Anforderungen und Vorgangsweisen festgelegt, die von den zuständigen Behörden anerkannt werden und je nach den Gegebenheiten individueller Standorte gegebenenfalls stärker berücksichtigt werden müssen.

Grundsätzlich ist im Hinblick auf den reibungslosen Betrieb eines Recycling-Standortes zur mobilen Aufbereitung von Baurestmassen und Bodenaushub größtmögliche Rücksicht auf Anrainer und auf die Schonung der Umwelt zu nehmen.

- *Merkblatt „Umgang mit kontaminierten Böden und kontaminierten mineralischen Baurestmassen“, März 1999*

Aufgrund der neuen gesetzlichen Vorschriften wurde mit diesem Merkblatt ein Leitfaden für die den gesetzlichen Regelungen entsprechenden Maßnahmen bei der

- ökologisch sinnvollen Verwertung oder
- Deponierung oder
- sonstigen Behandlung

von kontaminierten Böden und Baurestmassen erstellt. Damit soll einerseits den nicht einschlägig ausgebildeten Betroffenen eine Vorgehensweise vorgegeben und andererseits für die Behörde eine Vereinheitlichung der Beurteilung ermöglicht werden.

- *Richtlinie für die Aufbereitung kontaminierter Böden und Bauteile, Dezember 2004*

Die Richtlinie und die darin enthaltenen Güte- und Prüfbestimmungen regeln die Art und den Umfang der Prüfung an wiederaufbereiteten Böden und Bauteilen sowie an den Aufbereitungsanlagen. Sie sollten dazu dienen, dass bei der Aufbereitung gleich bleibende Vorgangsweisen angewandt werden und die Voraussetzungen für eine einheitliche Beurteilung der Aufbereitungsmethoden und der aufbereiteten kontaminierten Böden und Bauteile geschaffen werden.

Diese nunmehr 2. Auflage, Stand Dezember 2004, berücksichtigt die seit September 1995 zwischenzeitlich eingetretenen gesetzlichen und normativen Veränderungen. Für die Einsatzmöglichkeiten definiert diese als Zielsetzung neue, auf die geänderten gesetzlichen Rahmenbedingungen abgestimmte, Qualitätsklassen, deren Anforderungen sich am späteren Verwendungszweck orientieren.

### 3.1.6 Schwierigkeiten bei der Abfallverwertung und -entsorgung

Die größte Schwierigkeit für eine Verwertung von Bauschutt als Recycling-Baustoff besteht in der nicht sortenreinen Erfassung an der Baustelle. Jede Vermischung mit anderen Fraktionen erschwert oder verhindert das Recycling. Durch eine sortenreine Erfassung von mineralischem Bauschutt an der Baustelle kann auch eine nachgeschaltete manuelle oder automatische Sortierung eingespart werden.

Werden in Wien derzeit noch vorwiegend Gebäude aus der Gründerzeit abgerissen, die aufgrund ihres hohen Ziegelanteils und geringen Verunreinigungen kaum Probleme bei der Aufbereitung bereiten, wird sich die Situation in naher Zukunft ändern. Es ist zu erwarten, dass vermehrt Gebäude aus der Nachkriegszeit abgerissen werden, wodurch vermehrt Beton- und Gipsbauteile, Verunreinigungen mit Teerpappe, Verbundbauweisen etc. auftreten werden. Es steht außer Zweifel, dass die Trennung der beim Abbruch anfallenden Materialien zusehends anspruchsvoller wird und in Folge geringere Mengen des beim Gebäudeabbruch anfallenden Bauschutts dem Recycling zugeführt werden können (MAYDL 1995).

Derzeit wird unter dem Motto „ökologisches Bauen“ besonderes Augenmerk auf eine ausreichende Wärmedämmung der Gebäudehülle gelegt, um Energieverluste bei der Beheizung zu reduzieren. Eine wirksame Wärmedämmung ist nur durch die Verwendung von geschäumten Kunststoffen oder Mineralfasern in größerem Umfang möglich (MAYDL 1995). Diese Dämmstoffe sind nur mit zusätzlichem Aufwand vom restlichen Baumaterial zu trennen und bereiten Probleme bei Aufbereitung und Entsorgung.

Die derzeit bestehende Umweltverträglichkeitsanforderung an Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen bedarf einer Überarbeitung, da sie den aktuellsten Forschungsergebnissen nicht mehr entspricht. Die derzeit gültigen Grenzwerte orientieren sich an der veralteten ÖNORM S 2072 „Eluatklassen“ aus dem Jahr 1990 und nehmen keine Rücksicht auf aktuelle gesetzliche Grenzwerte (z. B. Deponieverordnung, Behandlungsgrundsätze gemäß dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Ratsentscheid zur EU-Deponie-Richtlinie). Auch ist eine Überarbeitung der Verbindung einzuhaltender Grenzwert und Einsatzgebiet notwendig. Aufgrund diverser Wortmeldungen von Anlagenbetreibern ist davon auszugehen, dass Recycling-



Baustoffe aus Hochbaurestmassen, die aktuellen Umweltstandards entsprechen, eine höhere Akzeptanz bei Auftraggebern finden werden.

### 3.1.7 Vermeidungsmaßnahmen

Abfallvermeidung im Bereich der Baurestmassen ist gekennzeichnet zum Teil durch eine hohe Variabilität der Nutzungsdauer der eingesetzten Baustoffe, zum Teil durch sehr lange Lebensdauer (siehe Tab. 9). Dies deutet darauf hin, dass einerseits ein hohes Potenzial zur Verlängerung der Nutzungsdauer besteht und dass andererseits zwischen der Implementierung der Abfallvermeidungsmaßnahme und der Erzielung des gewünschten Effektes oft lange Zeiträume vergehen.

Tab. 9: Nutzungsdauer ausgewählter Gebäude- und Bauteile (RWTH-AACHEN 2004).

Elementgruppe	Bauteil	Ausführung	Nutzungsdauer in Jahren	
			von	bis
Rohbau	Primär-Konstruktion	einfache Ausführung	80	100
		städtische Ausführung	80	100
		gehobene Ausführung	80	120
Dach und Fassade	Dachhaut	Ziegel, Schiefer	25	100
	Dachstuhl	Stahl und Holz	80	200
	Dachrinne	Kupferblech	26	100
		Zinkblech	20	40
		Stahl verzinkt	15	20
Ausbau	Fußboden	Hartholz	25	100
		Weichholz	26	60
	Fenster	Hartholz	40	80
		Weichholz	26	50
Gebäude-/ Betriebs- technik	Heizkörper	Grauguss	26	80
	Heizthermen (Erdgas)		12	15

Bauschutt ist ein Produkt, „welches im Zuge von Bautätigkeiten anfällt. Eine gänzliche Vermeidung bzw. totale Substitution der mineralischen Baustoffe wäre nur durch nicht vorhandene Bautätigkeiten möglich“ (PLADERER ET AL. 2004).

Eine Vermeidung aus quantitativer Sicht kann durch eine Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden und Bauteilen oder durch den Einsatz verbesserter Baustoffe erzielt werden. Eine Verlängerung der Lebensdauer eines Bauwerkes kann durch ein Gebäudedesign erzielt werden, welches die schonende Anpassung an geänderte Nutzungsformen ermöglicht. Die Erstnutzung eines Gebäudes dauert in vielen Fällen nur 7 Jahre<sup>1</sup>. Durch verstellbare Zwischenwände können Adaptionen ohne großen Materialverlust durchgeführt werden und das Gebäude kann wesentlich länger in Verwendung bleiben (siehe dazu Kapitel 4.2.3.).

<sup>1</sup> Fechner, J.: Vortrag „Abfallvermeidung im Bausektor“. Abfallvermeidung Wien, 26. 5. 2004.

Bei traditionellen Gebäuden hatten die massiven Ziegel- oder Betonwände sowohl eine tragende als auch eine Dämmwirkung. Durch die Verwendung eines Materialmixes aus porösen Stoffen (unter anderem Holz, siehe Abb. 7) kann die Gesamtmasse des Gebäudes und damit auch die Masse des zukünftig anfallenden Bauschutts deutlich reduziert werden. Jedoch sind die beim Materialmix verwendeten Materialien in der Regel kurzlebiger als die Materialien der Massivbauweise und der Aufwand zur Trennung der Stoffe nach der Nutzung ist viel höher.

Zu einer qualitativen Verbesserung des Bauschutts kommt es durch einen getrennten Ausbau und die anschließende separate Erfassung von kontaminierten Bauteilen bzw. Bauwerken. Eine sortenreine getrennte Erfassung von Bauschutt am Entstehungsort verhindert eine Verunreinigung mit anderen Fraktionen (Verbesserung der Qualität von Recycling-Baustoffen).

Neben der Konstruktion müsste in gleichem Sinne der Rückbau eines Gebäudes geplant werden. Wichtig wäre eine leichte Trennung von verbundenen Bauteilen, um wertvolle Bauteile zu gewinnen und durch einen neuerlichen Einbau ihre Nutzungsdauer zu verlängern. Recyclingbauteile können auf Bauteilbörsen gehandelt werden (z. B. Bauteil Netz in der Schweiz). Die Wiederverwendung ganzer Bauteile wird jedoch auch weiterhin auf Einzelfälle beschränkt bleiben, da die Anforderungen an Abmessungen, Erhaltungszustand etc. wohl nur in Ausnahmefällen erfüllt sein werden (MAYDL 1995). Das Vermeidungspotenzial von Baurestmassen und Baustellenabfällen wird mit 5–10 % beziffert, das Potenzial zur Verwertung beträgt sogar 80–90 % (FECHNER et al. 2004b).

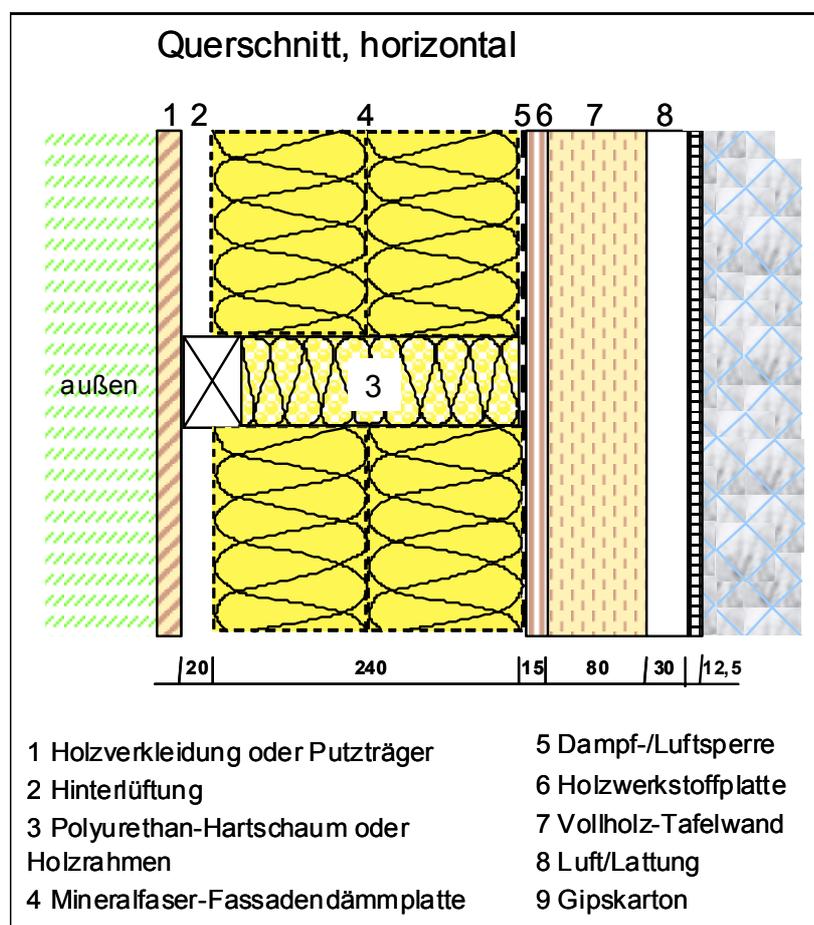


Abb. 7: Wandaufbau eines Passivhauses. (Quelle: [http://www.4-b.de/pdf/artikel\\_01\\_k.pdf](http://www.4-b.de/pdf/artikel_01_k.pdf))



### 3.1.7.1 Selektiver Rückbau

Die angewendete Abbruchtechnik ist von großer Bedeutung für die nachträgliche Bauschutttaufbereitung. Eine Trennung von Stör- und Ballaststoffen am Entstehungsort ist einfacher als eine nachträgliche Sortierung und Separierung in einer Aufbereitungsanlage. Durch einen kontrollierten, selektiven Rückbau können weitgehend schadstofffreie mineralische Baurestmassen zur weiteren Aufbereitung in einer Recyclinganlage gewonnen werden.

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung mehrerer Literaturstudien zum Thema Selektiver Rückbau gegeben (adaptiert nach PLADERER et al. 2004):

Ein Abbruch ohne besondere Berücksichtigung der Trennung nach Stoffen wird als Demolierung bezeichnet. Demgegenüber steht der Rückbau von Gebäuden, der einen Abbruch mit besonderer Berücksichtigung der Trennung von Stoffen darstellt. In einem solchen selektiven Rückbau wird das Bauwerk in seine Wertstoffe zerlegt und weitgehend neuen Materialkreisläufen zugeführt. Durch selektiven Rückbau lässt sich eine weitgehende Sortenreinheit der demontierten Baustoffe erzielen, sodass gute Voraussetzungen für einen hochwertigen Wiedereinsatz in Form von Sekundärrohstoffen im Hoch- und Tiefbau getroffen werden können. Pilotprojekte haben gezeigt, dass der selektive Rückbau eines Wohngebäudes technisch und organisatorisch machbar ist. Für die beim selektiven Rückbau angefallenen Materialien konnte eine Verwertungsquote (stofflich und thermisch) von mehr als 90 % erzielt werden (RUCH et al. 1995; RENTZ et al. 1994).

Wichtig ist, in einer Voruntersuchung über Entstehung, Nutzung und Zustand des Bauwerkes einen detaillierten Rückbauplan zu erstellen. Im Plan sind auch die Verwertungs- und Entsorgungswege der demontierten Bauteile festzulegen. Der erhöhte Aufwand wird in der Regel durch die eingesparten Entsorgungskosten gerechtfertigt.

Die Planungsphase bei Rückbaumaßnahmen bietet zahlreiche Möglichkeiten, anfallende Bauabfälle gezielt zu vermeiden. Hier kommt es nicht nur darauf an, Abfallmengen zu reduzieren, sondern es ist auch entscheidend, auf die qualitative Trennung unterschiedlicher Abfälle, insbesondere hinsichtlich ihres Schadstoffgehaltes, einzugehen. Eine sorgfältige Planung sollte dazu führen:

- die Dauer der Abbrucharbeiten und die Abbruchkosten zu senken,
- bessere Arbeitsbedingungen zu schaffen,
- die Sicherheit der Arbeitnehmer zu erhöhen und
- den Anteil und die Qualität der zu recycelnden Materialien und Bauteile zu verbessern.

In der Regel sind die langlebigen Teile der Konstruktionen auch diejenigen aus gut recyclingfähigen Materialien (meist mineralische Stoffe). Von diesen Teilen müssen die nicht gemeinsam verwertbaren Teile (Kunststoffe, Holz, Textilien, Dämmstoffe etc.) getrennt werden.

Zur Planung der Demontage können Bauteile zu sinnvollen Demontagegruppen zusammengefasst werden. Für den selektiven Rückbau eines Wohnhauses bieten sich folgende Demontagegruppen an:

- Türen
- Türrahmen
- Fenster
- Fensterrahmen

- Fensterläden
- Innenverkleidungen (Holz)
- Fußleisten
- Tapeten
- Boden-/Treppenbeläge
- Bekleidungen unter Decken
- Elektrische Installationen (Steckdosen, Schalter, Kabel, Verteilerkästen etc.)
- Sanitäre Installationen (Rohre, WC-Schüsseln, Wasserkästen, Waschtische etc.)
- Zwischenwände
- Spenglerarbeiten (Dachrinnen etc.)
- Wände (Mauerwerk)
- Decken
- Dacheindeckungen
- Dachstuhl.

Die Anzahl der Rückbaustufen hängt von der Materialvielfalt ab. Ältere Bauwerke mit wenigen unterschiedlichen Baustoffen können häufig nach wenigen Rückbaustufen vollständig abgetragen werden, wobei Holzteile des Dachstuhles und der Decken vom Bagger herausgegriffen werden. Modernere Gebäude erfordern in der Regel mehrere Demontageschichten, in denen zunächst noch Dämm- und Dichtungsschichten, Fassadenplatten u. Ä. vor dem Rückbau der Rohbausubstanz entfernt werden. Unbedingt in einer separaten Rückbaustufe müssen Schadstoffe ausgebaut werden (z. B. Asbestbauteile, chemisch behandelte Hölzer, teerhaltige Baustoffe etc.).

In der **ersten Rückbaustufe** werden schonend in Handarbeit Bauteile ausgebaut, die wieder verwendet werden können (z. B. Geräte und Maschinen der technischen Gebäudeausrüstung, Heizkörper, Verteiler, Schaltschränke, Sanitärarmaturen und -objekte, demontierbare Trennwände u. Ä.).

In der **zweiten Rückbaustufe** sollen wieder verwendbare Bauteile demontiert werden, die einer Aufarbeitung durch Reinigung oder Reparatur bedürfen (z. B. Türen, Fenster, Oberlichter, Lüftungskanäle, Rollläden, Kabel, Kabelkanäle, Klimakanäle, Bodenbeläge, Decken- und Wandverkleidungen, Holztreppen und Geländer etc.). Von Vorteil sind dabei gut lösbare Verbindungselemente wie Schraub-, Steck- und Klemmverbindungen.

In der **dritten Rückbaustufe** sind Baustoffe auszubauen, die seit langem recycelt und bei den Herstellern wieder als Sekundärrohstoff in den Materialkreislauf integriert werden (z. B. Dachstuhl, Eisenmetalle aus Stahlkonstruktionen im Dach- und Fassadenbereich, von Gittern, Zäunen, Toren und Türen, Stahlkonsolen und Anker, Aluminium, Zink, Blech, Kupfer und Blei aus Dach- und Fassadenkonstruktionen, Glas aus Fenstern, Fassaden, Türfüllungen etc.).

In der **vierten Rückbaustufe** sollten alle noch verbliebenen Bauteile des Innenausbauens oder der Gebäudetechnik ausgebaut werden (z. B. Dämmmatten, Füllschäume, Teerpappen etc.). Die verbleibende Baumasse soll von allen Bauteilen, Stoffen und Verunreinigungen befreit werden, die das Recycling des restlichen Rohbaues behindern.

Die **fünfte und letzte Rückbaustufe** ist der konventionelle Abbruch des Rohbaues. Hierbei kann eine gleichzeitige Sortierung der Abbruchmassen nach Stahlbeton, unbewehrtem Beton, verschiedenem Mauerwerk und nicht frostbeständigem Material wie Gips oder Porenbeton erfolgen.



Beim selektiven Rückbau eines Hotelbaus (RENTZ et al. 1994) wurden die Fraktionen mineralisches Abbruchmaterial, Dachziegel, unbehandeltes Holz, behandeltes Holz, Metalle, Glas sowie Elektrokabel und Schalter sortenrein gesammelt und einer stofflichen – Holz auch einer thermischen – Verwertung zugeführt. Die nicht verwertbaren Materialien waren mineralische Abfälle, die beim Bau der Holzdecken verwendet wurden (Deckenfüllungen aus Schlacke und Schutt, Gips-Schilfrohr-Gemisch, Gipsputz unter Decken), Bodenbeläge (Teppich, Kunststoffböden, Parkett auf Teer aufgebracht) sowie Dichtungs- und Dämmstoffe (Dachpappe, pflanzliche Faserdämmstoffe, Bitumenestrich). Letztere waren verklebt, sodass eine sortenreine Trennung nicht möglich war.

Die bei einem selektiven Rückbau anfallenden Kosten setzen sich im Wesentlichen aus Planung, Demontage, Entsorgung und Transport zusammen. Im Allgemeinen steigen mit höherem Separationsgrad in den Demontagestufen die Demontagekosten, d. h. im Wesentlichen werden höhere Lohn- und Gerätekosten entstehen. Gleichzeitig sinken beim selektiven Rückbau die Entsorgungskosten. In der Regel ergeben sich bei einer selektiven Entsorgung die geringsten Gesamtkosten. Unter den beim Pilotprojekt gegebenen Rahmenbedingungen stellte der selektive Rückbau die ökonomisch günstigste Abbruchvariante dar (RENTZ et al. 1994) (siehe Abb. 8). Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des selektiven Rückbaus sind aber entsprechend höhere Beseitigungsgebühren für nicht getrennte Baurestmassen und strengere Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen (SCHULTMANN 1996). Wenn es zugelassen wird, dass auch Bauabfälle mit hohem Schadstoffgehalt verwertet werden dürfen, kann sich der selektive Rückbau nicht rechnen.

Ist das Platzangebot auf dem Gelände des Abbruchobjektes – wie zum Beispiel im städtischen Bereich – limitiert, stößt der selektive Rückbau auf Grenzen, da zur Manipulation (Befüllung, Verladung, Abtransport etc.) der anfallenden Materialien ausreichend Platz zur Verfügung stehen muss.

Um dem selektiven Rückbau zum Durchbruch zu verhelfen, ist es notwendig, dass die öffentliche Verwaltung als potenter Auftraggeber und Bauherr von ihrer positiven Marktbeeinflussung Gebrauch macht und verwertungsorientierte Ausschreibungen von Abbrucharbeiten vorsieht.

Die Erfolgsgeschichte der Recycling-Baustoffe in Österreich ist untrennbar mit dem Wirken des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes und den Richtlinien für Recycling-Baustoffe verbunden. Die Gründung eines Verbandes für Abrissunternehmen und Verabschiedung einer Richtlinie sowie eines Qualitätssicherungssystems für Abbrucharbeiten könnte helfen, bundesweit Mindeststandards für einen selektiven Rückbau festzulegen und zu etablieren – ohne ordnungspolitische Maßnahmen zu erzwingen. Vor Gründung eines Verbandes für Abrissunternehmen wären sinnvollerweise die Ergebnisse des derzeit tagenden Fachnormenausschusses zur ÖNORM B 2251 abzuwarten.

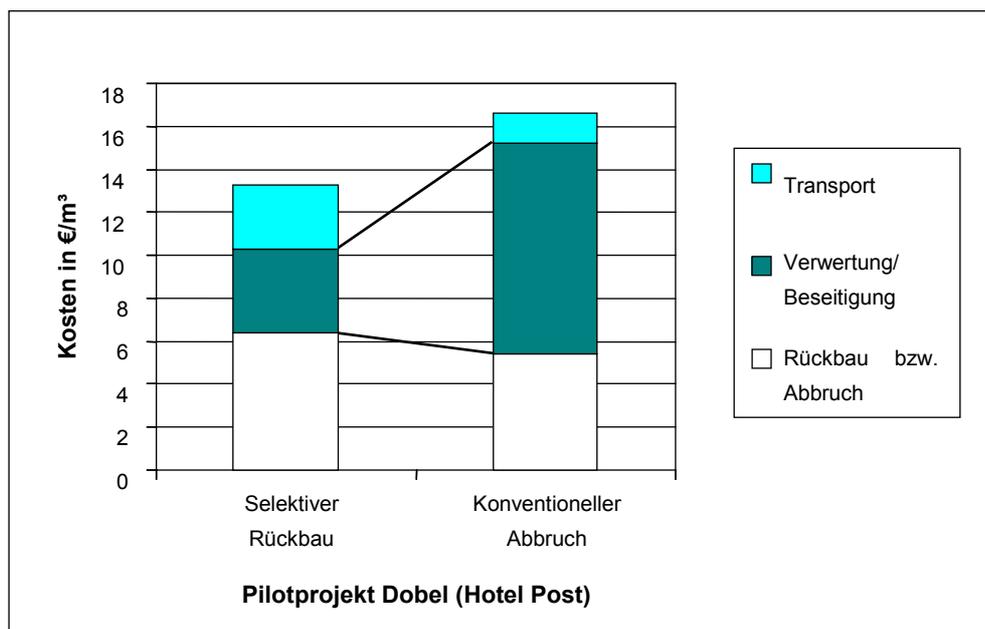


Abb. 8: Vergleich der spezifischen Kosten zwischen selektivem Rückbau und konventionellem Abbruch (SCHULTMANN 1996).

Zur Erstellung eines Abbruchkonzeptes, als Norm für die Spezifizierung von Abbrucharbeiten und als Anleitung zur Umsetzung des selektiven Rückbaus, wurde die Werkvertragsnorm ÖNORM 2251 Abbrucharbeiten (ON 1996) entwickelt und um ein Merkblatt (ON & ÖBRV 1996) ergänzt. Diese Norm geht speziell auf die österreichischen Verhältnisse ein. Das Merkblatt erleichtert die Umsetzung unter anderem durch eine Checkliste (siehe Abb. 9).



Baurestmassen – Beschreibung der Abfallströme

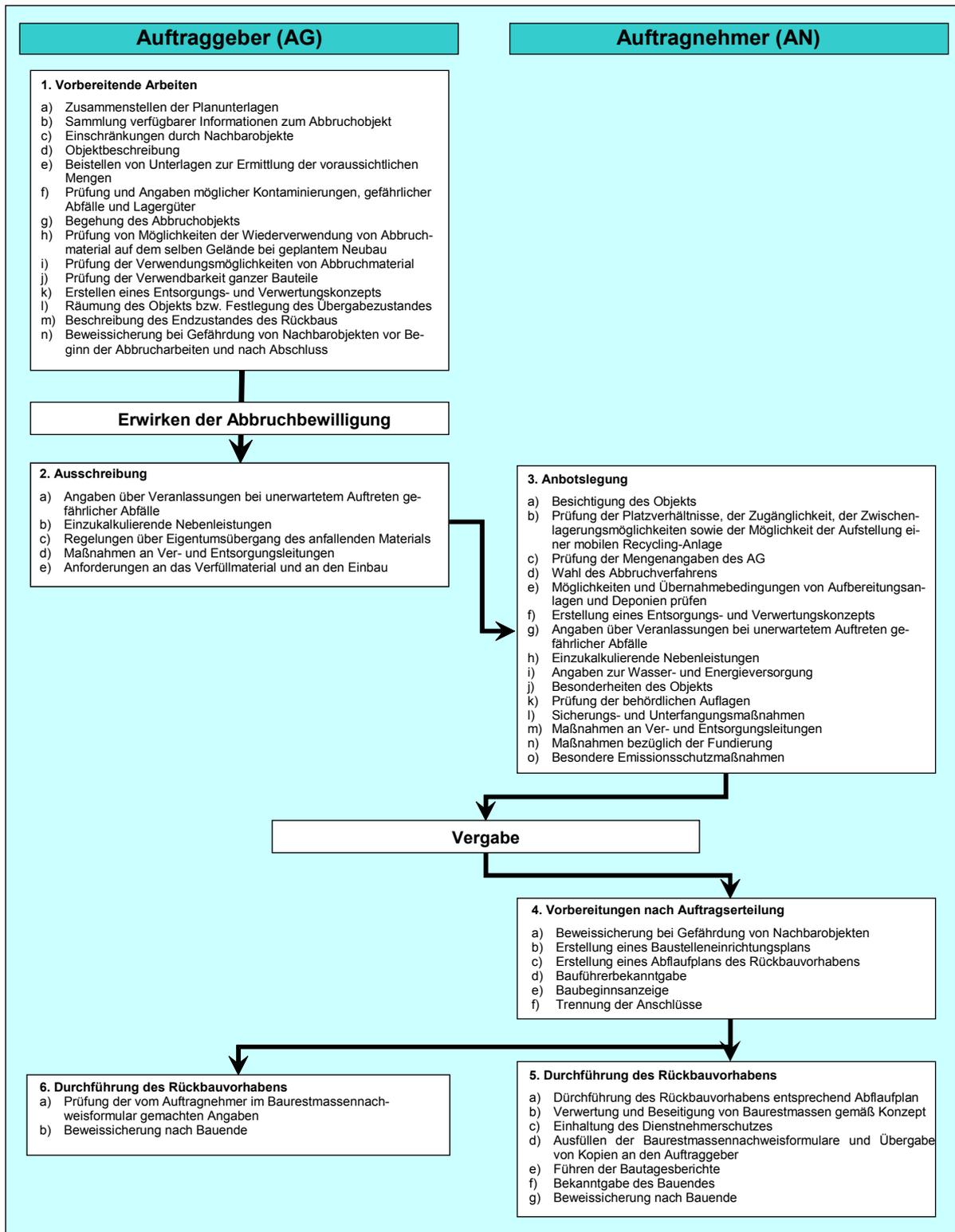


Abb. 9: Checkliste für den verwertungsorientierten Rückbau (ON & ÖBRV 1996).

### 3.1.7.2 Begünstigung und Förderung von Recycling-Baustoffen

Mineralischer Bauschutt kann nach entsprechender Aufbereitung als Sekundär-Baustoff zur Substitution mineralischer Primärbaustoffe (Sande, Kiese und Natursteine), z. B. als Betonzuschlagstoff verwendet oder für Schüttungen und Hinterfüllungen eingesetzt werden. Die Wiederverwendung als Betonzuschlagstoff entspricht einer Kreislaufwirtschaft. Zur Vermittlung von Angebot und Nachfrage von Bauschutt gibt es Boden- und Bauschuttbörsen (z. B. die Recycling-Börse Bau). Bauschutt lässt sich durch technische Verfahren so aufbereiten, dass ein hoher Anteil verwertet werden kann und nur mehr ein sehr geringer Teil abzulagern ist.

Die derzeit bestehende, von den aktuellsten Forschungsergebnissen überholte, Umweltverträglichkeitsanforderung an Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen bedarf einer Überarbeitung. Vorschläge dazu werden derzeit vom Umweltbundesamt ausgearbeitet. Analog den adaptierten Umweltverträglichkeitsanforderungen für Recycling-Baustoffe aus dem Tiefbau (siehe ÖBRV 2004) soll die Umweltverträglichkeit für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen gegeben sein, wenn

- ausschließlich geeignete Baurestmassen zu Recycling-Baustoffen verarbeitet,
- vorgegebene, aktuelle Grenzwerte eingehalten und
- die Recycling-Baustoffe in geeigneter Form eingesetzt werden.

Anlagenbetreibern zufolge äußern Kunden Bedenken gegenüber der Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen, sodass kundenseitig vorwiegend der Wunsch besteht, Primärbaustoffe einzusetzen. Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen, die aktuellen Umweltstandards entsprechen, sollten daher auch eine höhere Akzeptanz bei – vorwiegend öffentlichen – Auftraggebern finden. Auch können durch Pilotprojekte und Vorbildwirkungen seitens öffentlicher Auftraggeber die Vorbehalte bei der Anwendung von Recycling-Baustoffen aus Hochbaurestmassen ausgeräumt werden. Die positive Marktbeeinflussung der öffentlichen Verwaltung als potenter Auftraggeber und Bauherr sowohl bei Abbrucharbeiten als auch bei der Errichtung von Neubauten sollte zur Förderung des selektiven Rückbaus und zur Förderung von Recycling-Baustoffen genutzt werden.

Mittelfristig ist eine bundesweit einheitliche gesetzliche Regelung für umweltverträgliche, qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe anzustreben (z. B. Entlassung aus dem Abfallregime und Erlangung des Produktstatus), um Rechtssicherheit zu gewährleisten und die Akzeptanz für einen Einsatz zu erhöhen. Die EU-Kommission äußerte in der Vergangenheit Bedenken gegenüber Abfallende Bestimmungen, da eine solche Bestimmung durch die Abfallrahmenrichtlinie derzeit nicht gedeckt ist. Auf der internationalen Tagung des F.I.R (Fédération International du Recyclage – eine länderübergreifende Organisation, die zur Aufgabe hat, die Kreislaufwirtschaft in der Baubranche, insbesondere das Recycling von Baurestmassen, zu fördern) in Salzburg am 29. April 2005 wurde von Vertretern mehrerer EU-Mitgliedstaaten der Wunsch für eine Abfallende Bestimmung für qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe zum Ausdruck gebracht. Sektionschef Dr. Leopold Zahrer vom österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft fasste die Diskussion sinngemäß zusammen, indem er meinte, dass die Europäische Kommission den stetigen Wunsch der EU-Mitgliedstaaten nach einer Abfallende Bestimmung nicht ungehört lassen kann. In den deutschen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg wurden mittlerweile ministerielle Bestimmungen erlassen, die Recycling-Baustoffe – unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen wie z. B. Umweltverträglichkeit, Qualitätssicherungssystem etc. – aus dem Abfallregime entlassen und den Produktstatus gewähren (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG 2004).



Die Forderung, dass Bund und Gebietskörperschaften im eigenen Wirkungsbereich den Einsatz von Recycling-Baustoffen in allen Bereichen des Bauwesens anstreben sollten (UMWELTBUNDESAMT 1995), ist weiterhin aufrecht. Die öffentliche Hand (Bund, Länder, Sondergesellschaften des Bundes, Gemeinden etc.) als wesentlichster Auftraggeber im Baubereich, hat die Möglichkeit, „sich selbst“ zu verpflichten, gewisse Prozentsätze von Primärbaustoffen durch Recycling-Baustoffe zu ersetzen oder zumindest Primär- und Recycling-Baustoffe bei der Auftragsausschreibung gleich zu behandeln.

Das Bundesvergabegesetz 2002 soll bis 2006 novelliert werden (BVerG 2006). War noch im AWG 1991 die Verpflichtung im % 6 gegeben, dass zumindest die öffentliche Hand abfallarme Produkte anschaffen muss, so ist durch den Wegfall dieser Forderung im AWG 2002 und dem nicht gleichwertigen Ersatz im Bundesvergabegesetz 2002 diese Verpflichtung nur mehr rudimentär vorhanden. Es sollte daher im BVerG 2006 eine Verpflichtung, dass generell Vergaben unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit zu erfolgen haben, vorgesehen werden. Folgende Formulierung könnte Platz greifen:

„Die Vergabe hat unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit zu erfolgen. Insbesondere ist Produkten aus der Kreislaufwirtschaft, die nachweislich nach anerkannten Regeln der Technik (zum Beispiel EN-Normen, ÖNORMEN, bundesweite Richtlinien) hergestellt werden, der Vorrang einzuräumen. Es ist ein möglichst hoher Anteil an Recycling-Produkten, die die Qualitätskriterien der entsprechenden Normen bzw. Richtlinien erfüllen, sicherzustellen.“

Weiters sollte ein Mindestanteil von 5 % Recycling-Baustoffen vorgeschrieben werden. Für die spezielle Förderung von Hochbaurestmassen, die derzeit am Markt weniger Chancen haben, wäre eine stärkere Gewichtung der Recyclingquote vorzunehmen.

In vielen Bereichen – gerade der öffentlichen Beschaffung – sind standardisierte Leistungsbeschreibungen vorhanden. Auch das BVerG 2002 verpflichtet die Anwendung derselben. Jedoch wird es als notwendig erachtet, alle standardisierten Leistungsbeschreibungen nach ökologischen Kriterien, insbesondere der Nachhaltigkeit binnen kurzer Zeit umzuarbeiten. Grundlage dafür könnte im Baubereich die ÖNORM 22251 „Mustertexte für umweltgerechte baustellenspezifische Leistungen“ sein.

Es wäre wertvoll auch den Güteschutz stärker in den Mittelpunkt zu stellen. Der Güteschutz ist keine privatrechtliche Angelegenheit zwischen dem Güteschutzverband und einigen Mitgliedsfirmen, sondern basiert auf Bundesgesetzen, die den Güteschutzverband dazu verpflichtet, nach den Vorgaben des BMWA zu agieren. Im Vorstand des Güteschutzverbandes Recycling Baustoffe sind das BMWA, das BMLFUW, die Länder, die Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr, die Recycling-Wirtschaft und die TU-Wien vertreten.

Der Güteschutz der Recycling-Produkte ist unter anderem deshalb so wichtig, weil der Güteschutz auch den Aspekt der Umweltverträglichkeit beinhaltet. Das CE-Zeichen alleine reicht nicht, da es keine Angaben zur Umweltverträglichkeit macht, sondern lediglich die Handelsverträglichkeit des Produktes in der EU gewährleistet. Darüber hinaus besteht in einigen Bereichen noch keine CE-Kennzeichnungspflicht. Deshalb wird es als notwendig erachtet, dass lediglich gütegeschützte Recycling-Baustoffe verwendet werden dürfen.

Ein bereits bestehendes Instrumentarium – die Wohnbauförderung – sollte vermehrt als Hebel zur Förderung von Recycling-Baustoffen genutzt werden. Ein finanzieller Anreiz zum Einsatz von Recycling-Baustoffen sollte für große, aber auch für die Vielzahl an privaten Bauherren Anreiz genug sein, im Zuge von Leistungsausschreibungen den Einsatz von Recycling-Baustoffen durch die Bauträger vorzuschreiben. Derzeit liegt der Fokus der Wohnbauförderung auf der finanziellen Unterstützung von Maßnahmen, die einen Beitrag zur Erreichung des Kyoto-Zieles leisten. Um dem Anspruch eines holistischen, ökologisch nachhaltigen Konzepts für das „Bauen“ gerecht zu werden, sollte die Wohnbauförderung auch die Nutzung von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen beinhalten.

Derzeit besteht für Baurestmassen, die im Rahmen von übergeordneten Baumaßnahmen eine konkrete bautechnische Funktion erfüllen, wie z. B. Baugruben- oder Künettenverfüllung, Dämme und Unterbauten für Straßen und Fundamente, keine Altlastensanierungs-Beitragspflicht. Um den Lenkungseffekt des Altlastenbeitrags zur Förderung von gütegeschützten und umweltverträglichen Recycling-Baustoffen zu nutzen, könnten Überlegungen hinsichtlich einer Einschränkung oben genannter Ausnahmeregelung auf eben diese gütegeschützten Recycling-Baustoffe angestellt werden.

### 3.1.7.3 Schadstoffentfrachtung

Anhand von chemisch-analytischen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden (SINDT et al. 1997), dass Schornsteine verantwortlich sind für den Eintrag von PAK-Schadstoffen in mineralischen Bauschutt. Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen die Notwendigkeit der Separierung von Kaminen bzw. der Innenwandbeschichtungen von den restlichen Baurestmassen während eines Gebäudeabbruchs.

Generell gilt, dass zur Gewinnung einer nicht kontaminierten Bauschuttfraktion eine getrennte Demontage belasteter Bauteile (z. B. Kamine, Teerpappe etc.) erforderlich ist. Eine getrennte Demontage ausgewählter gipshaltiger Bauteile senkt den Gehalt an Sulfat und verringert die Leitfähigkeit im Eluat des restlichen mineralischen Bauschutts. Die durchgeführten Untersuchungen (SINDT et al. 1997) zeigen, dass die Sulfatkonzentration im Eluat der aus der Abbruchfraktion stammenden Probe mit 929 mg/l mehr als doppelt so hoch wie die aus dem selektiven Rückbau ist.

Weiters zeigen die Untersuchungen, dass der PAK-Gehalt beim konventionellen Abbruch sechsmal höher ist als der Gehalt in der aus dem selektiven Rückbau stammenden Probe (Fraktion 0–8 mm). Wie bereits erwähnt, ist der höhere PAK-Gehalt größtenteils auf Schornsteine zurückzuführen, die PAK-belasteten Ruß beinhalten.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine frühzeitige Schadstoffausschleusung durch Getrennthaltung und Entfernung schadstoffhaltiger Bauteile schon während des Abbruchs zu bevorzugen ist, da bislang noch keine geeigneten Aggregate zur Verfügung stehen, mit denen sich Schadstoffe effizient aus dem Bauschutt nachträglich abtrennen lassen.



### 3.1.8 Resümee

Bauschutt sollte in erster Linie einer Verwertung zugeführt werden. Dazu ist erforderlich, dass der Bauschutt an der Anfallstelle so sortenrein wie möglich anfällt. Dies kann durch einen selektiven Rückbau erzielt werden. Der selektive Rückbau gewährleistet nicht nur die Sortenreinheit des Bauschutts, sondern verhindert auch eine Kontamination unbelasteter Fraktionen.

Die Öffentliche Hand sollte gerade in diesem Segment Ihre Verantwortung übernehmen: Die Wohnbauförderung ist auch auf Kriterien der Nachhaltigkeit insbesondere der Kreislaufwirtschaft abzustellen. In den Bauordnungen ist auf Rückbautätigkeit verstärkt Augenmerk zu legen, z. B. durch die verpflichtende Vorlage von Objektbeschreibungen durch den Bauherrn vor dem Rückbau bzw. durch die verbindliche Anwendung der ÖNORM B 2251. Die Festlegung einer verbindlichen Quote für eingesetzte Recycling-Baustoffe könnte eine Vorbildwirkung der Öffentlichen Hand darstellen.

Die derzeit bestehenden Umweltverträglichkeitsanforderungen an Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen gemäß den Richtlinien des ÖBRV sind zu adaptieren, um die Akzeptanz für den Einsatz von recyceltem Baumaterial zu erhöhen. Strengere Umwelanforderungen werden umso eher eingehalten werden können, je sortenreiner der Bauschutt an der Anfallstelle anfällt, was durch einen selektiven Rückbau gewährleistet wäre.

Selektiver Rückbau, sortenreine Erfassung des Bauschutts an der Anfallstelle und eine Aufbereitung nach dem Stand der Technik wären Voraussetzung für eine höchste Qualitätssicherung für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen.

Übergreifende Verwertungs- und Vermeidungsmaßnahmen – unter Einbeziehung weiterer Fraktionen wie z. B. Baustellenabfälle sowie ökonomischer Aspekte – siehe Kapitel 4.2.

## 3.2 Baustellenabfälle

### 3.2.1 Begriffsbestimmung und Zusammensetzung

Der Begriff Baustellenabfälle wird im Abfallrecht lediglich in der Baurestmassentrennverordnung und in der Deponieverordnung verwendet. In der Baurestmassentrennverordnung werden Baustellenabfälle als eine – nicht näher definierte – Stoffgruppe im § 1 Abs. 1 genannt. In der Deponieverordnung werden Baustellenabfälle im Zuge der Definierung von Baurestmassen erwähnt: Baurestmassen, die für die Ablagerung auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien geeignet sind, dürfen keine Baustellenabfälle enthalten. Dem Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001 (BMLFUW 2001) ist zu entnehmen, dass Baustellenabfälle große Anteile brennbarer Abfälle enthalten.

Die BUNDESINNING BAU (2002) definieren Baustellenabfälle als ein „Gemisch aus Abfällen wie Holz, Metalle, Kunststoff, Pappe, organische Reste, Sperrmüll und geringem Anteil an mineralischem Bauschutt“.

Das in Zusammenarbeit zwischen Bundesministerium für Umwelt und den Verbänden des Bauhauptgewerbes entwickelte Baurestmassennachweisformular führt folgende Abfallarten unter der Stoffgruppe Baustellenabfälle an:

- Altlacke, Altfarben, ausgehärtet (SN 55513);
- Leim- und Klebemittelabfälle, ausgehärtet (SN 55906);
- Altpapier, Papier und Pappe, unbeschichtet (SN 18718);
- Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (SN 91101);
- Verpackungsmaterial und Kartonagen (SN 91201);
- biogene Abfallstoffe, getrennt gesammelt (SN 91104).

In der ÖNORM S 2100 werden Baustellenabfälle systematisch der Gruppe „Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle“ untergeordnet – zum Unterschied von Bauschutt, der der Gruppe „Abfälle mineralischen Ursprungs“ untergeordnet ist.

Im praktischen Baubetrieb stellen Baustellenabfälle ein Gemisch aus Resten von Baustoffen, Bauhilfsstoffen, Bauchemikalien und Bauzubehör dar, das meist mit Anteilen an Bodenaushub, Bauschutt, Verpackungsmaterialien, Sonderabfall und sonstigen Bestandteilen vermengt ist. Baustellenabfälle sind also ein Gemisch unterschiedlichster Materialien, die nicht nach Stoffgruppen getrennt erfasst und entsorgt werden.

In mehreren entzerrten Baustellenabfallchargen fanden sich folgende Fraktionen (PLADERER et al. 2004):

- sperrige Fraktionen: Holzlatten, Fenster, Türen, Türstöcke, Möbel, Sanitäreinrichtungen, Paletten, Platten, Grünschnitt, Scheibtruhen
- gefährliche Abfälle: Kühlschränke, Autobatterien und Leuchtstoffröhren
- Metalle: Draht, Rohre, Schrott, Bleche; Bewehrungsstahl
- Verpackungen: Verpackungsfolien aus Kunststoff, Tuben, Kübel, Kartonagen, Getränkeflaschen und -dosen
- Altholz: unbehandeltes Holz, behandeltes Holz
- mineralische Bestandteile: Erde, Steine, Sand, Bauschutt
- sonstiges: Kabel, Speisereste, Putzklappen, Werkzeug.

Das wesentliche Kriterium für die Abgrenzung der Baustellenabfälle von anderen Baurestmassen – z. B. Bauschutt – ist die Vermischung unterschiedlichster, organischer wie auch anorganischer Materialien. Demnach werden Baustellenabfälle in der Baupraxis vorwiegend als „Baumix“ oder „Baustellenmischabfälle“ bezeichnet.

Die Zusammensetzung der Baustellenabfälle variiert zeitlich und örtlich sehr stark und ist abhängig von der

- Art der Baumaßnahme: Neubau, Adaptierung, Abbruch, Wohnbau, Straßenbau, Schienenbau etc.
- Bauphase: Jeder Bauphase können charakteristische Berufsgruppen (z. B. Maurer, Tischler, Installateure, Tapezierer, Elektroinstallateure etc.) zugeordnet werden, die maßgeblichen Einfluss auf die Zusammensetzung des gemischten Abfalls haben.
- Bauweise: Ziegel, Beton, Holz, Skelettbau, Fertigbau.
- Nutzung des Bauwerkes: Bürogebäude, Wohnhaus, Fabrik, Lagerhalle etc.
- Abfalllogistik auf der Baustelle: Auswahl der getrennt gesammelten Abfallfraktionen



In einer Studie wurde das Abfallaufkommen bei der Errichtung von Bauwerken (ohne Berücksichtigung des Restabfalls) aus den in den einzelnen Bauphasen verwendeten Materialien (siehe Tab. 7) unter Berücksichtigung der bei Baustoffen verwendeten Verpackungen (siehe Tab. 10) und deren Verpackungsanteile (siehe Tab. 11, sowie der bei Baustelleneinrichtungen anfallenden zusätzlichen Abfälle (siehe Tab. 12) bestimmt (LIPSMEIER 2004). Das Abfallaufkommen je Quadratmeter errichteter Bruttogeschossfläche nach Abfallarten für Wohngebäude und Bürogebäude mit hohem Ausstattungsgrad ist in

Abb. 10 wiedergegeben. Sowohl beim Wohnhaus stammen die größten Anteile des Abfalls vom Bauschutt und den Verpackungen, beim Bürohaus spielen aber auch Gips- und Holzabfälle eine größere Rolle.

Das Abfallaufkommen je Gebäudeteil und für die Baustelleneinrichtung bei einem Wohngebäude ist in Abb. 11 dargestellt.

*Tab. 10: Verpackungsmaterial für Baustoffe (aus LIPSMEIER 2004).*

Emballagen
Folien
Holz und Transport-Holzpaletten
Karton
Kunststoffbänder und Kunststoffgebilde
Metallbänder
Papier-Verbundsäcke (Kraftsäcke oder REPA)
Pappe
Pappe/Kartonage von Abstandshalter
Styropor

Tab. 11: Baustoffe und deren Verpackungseinsatz (aus LIPSMEIER 2004).

	Baumaterial	Holz	PPK*	Folie	Metalle	Verbund-Säcke	Kunststoffe	gesamt
mineralisch	Baustellen-Zementestrich	7,3		0,17		1,3		8,8
	Baustellen-Zementmörtel	5,8		0,14		1		6,9
	Dachziegel	1,96	0,39	0,04			0,27	2,7
	Doppelbodenplatte auf Gipsbasis	46		2,4			1,9	50,3
	Fliesen	61	16	2,1			1,2	80,3
	Gipskartonplatte	22		0,32				22,3
	Gipsmörtel	34		0,8		4,8		39,6
	Gipsplatte	17		0,25				17,3
	Glaswolle	2,8		0,3				3,1
	Innenputz	34		0,8		4,8		39,6
	Kalksandstein	13		0,89	0,57			14,5
	Klinkerstein	24	1,1	0,72				25,8
	Lehmstein	13		0,89	0,57			14,5
	Mineralwolle	21		0,97				22,0
	Porenbetonstein	13		0,89	0,57			14,5
	Schaumglas	4,5	0,51	0,7				5,7
	Steinwolle	21		0,7				21,7
	Tonziegelstein	13		0,89	0,57			14,5
	Werkspatz außen	34		0,8		4,8		39,6
	Werk-Zementestrich	42		1		6,8		49,8
Werk-Trockenmörtel	34		0,8		3,2		38,0	
Zementstein	13		0,89	0,57			14,5	
organisch	Bitumenbahnen	71	5,3	3,2				79,5
	Bitumen-Klebmassen	53		2,4	53		0,16	108,6
	Brettschichtholz	10		0,74				10,7
	Farbe	53		1			60	114,0
	Farbe-Putzgrundierung	43		1,3			67	111,3
	Glasseidengewebe (Angaben in kg/m <sup>2</sup> )	0,02	0,01					0,0
	Fliesenkleber	27		0,63			55	82,6
	Hartfaserplatten	25		0,8				25,8
	Hartschaum-Perimeterdämmung	1,6		0,46				2,1
	Parkett (Stärke 1,4 cm)	47	15	3,6				65,6
	Parkett (Stärke 1,3 cm)	22	13	2,1				37,1
	Parkettkleber	64		1,5			80	145,5
	Polystyrol Hartschaum	2,7		0,22				2,9
	Spanplatte	20		0,64				20,6
	Teppich (Angaben in kg/m <sup>2</sup> )		0,03	0,01				0,04
	Laminat	34	13	3,2				50,2

\*PPK = Papier, Pappe, Karton



Tab. 12: Elemente der Baustelleneinrichtung und erwartete Abfallkategorien (aus LIPSMEIER 2004).

Elemente der Baustelleneinrichtung	Abfallkategorien
Krane, Aufzüge, Büro- und Tagesunterkünfte	Bauschutt recyclingfähig (Beton), Schalholz
Absturzsicherung	Holz (un-/behandelt)
Baustrom, Wasser, Abwasser	Kunststoffe, Metalle, Elektroschrott (Bauleuchten)
Witterungsschutz und Winterbau	Bitumen, Holz, Bauschutt nicht recyclingfähig, Kunststoffe (Baufolie)
Schutzverkleidungen (z. B. für Aufzugskabinen), Bodenabdeckungen	Holz, Kunststoffe (Baufolie, Styropor), Pappe, Faserkunststoffe (Teppiche)
Tagwasserhaltung im Baukörper	Bauschutt nicht recyclingfähig, Kunststoffe

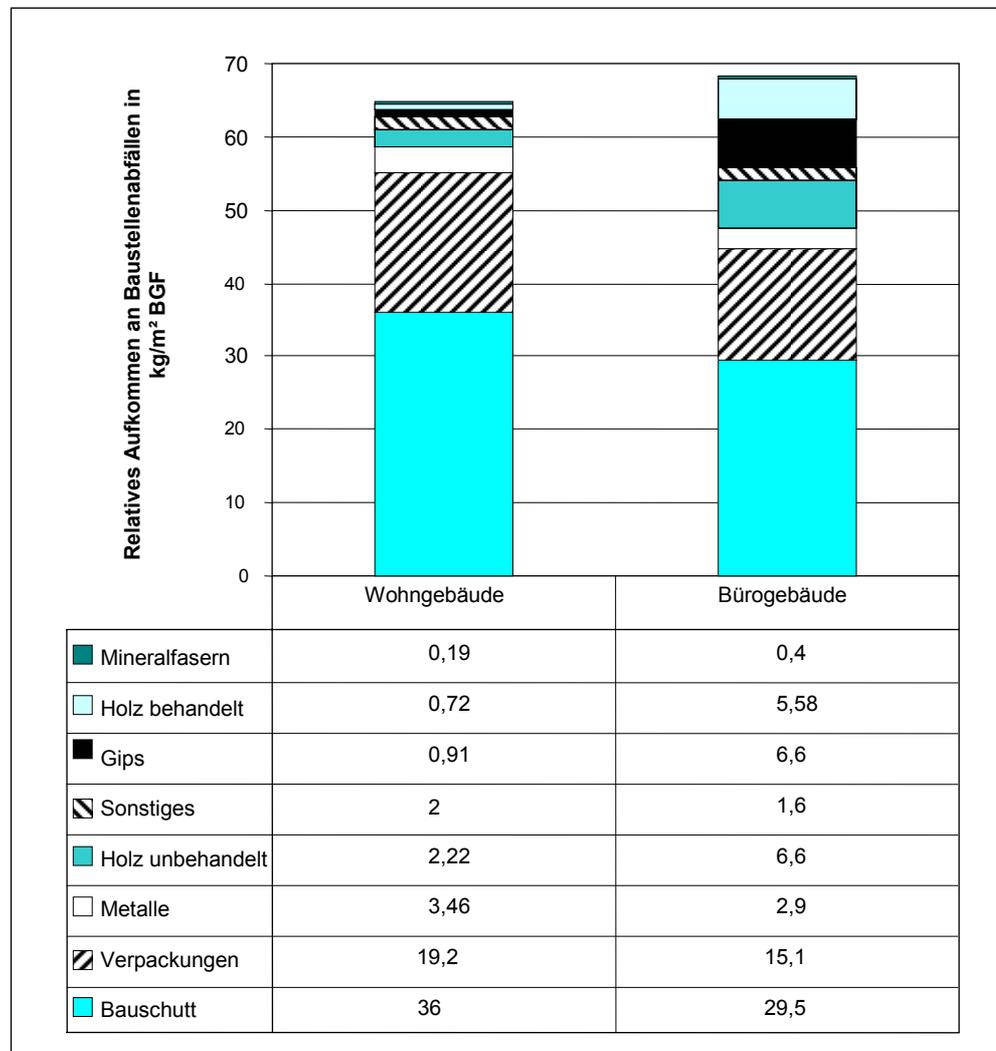


Abb. 10: Relatives Aufkommen an Baustellenabfällen während der Bauwerkerrichtung für Gebäude mit hohem Ausstattungsstandard (BGF = Bruttogeschoßfläche) (aus LIPSMEIER 2004)

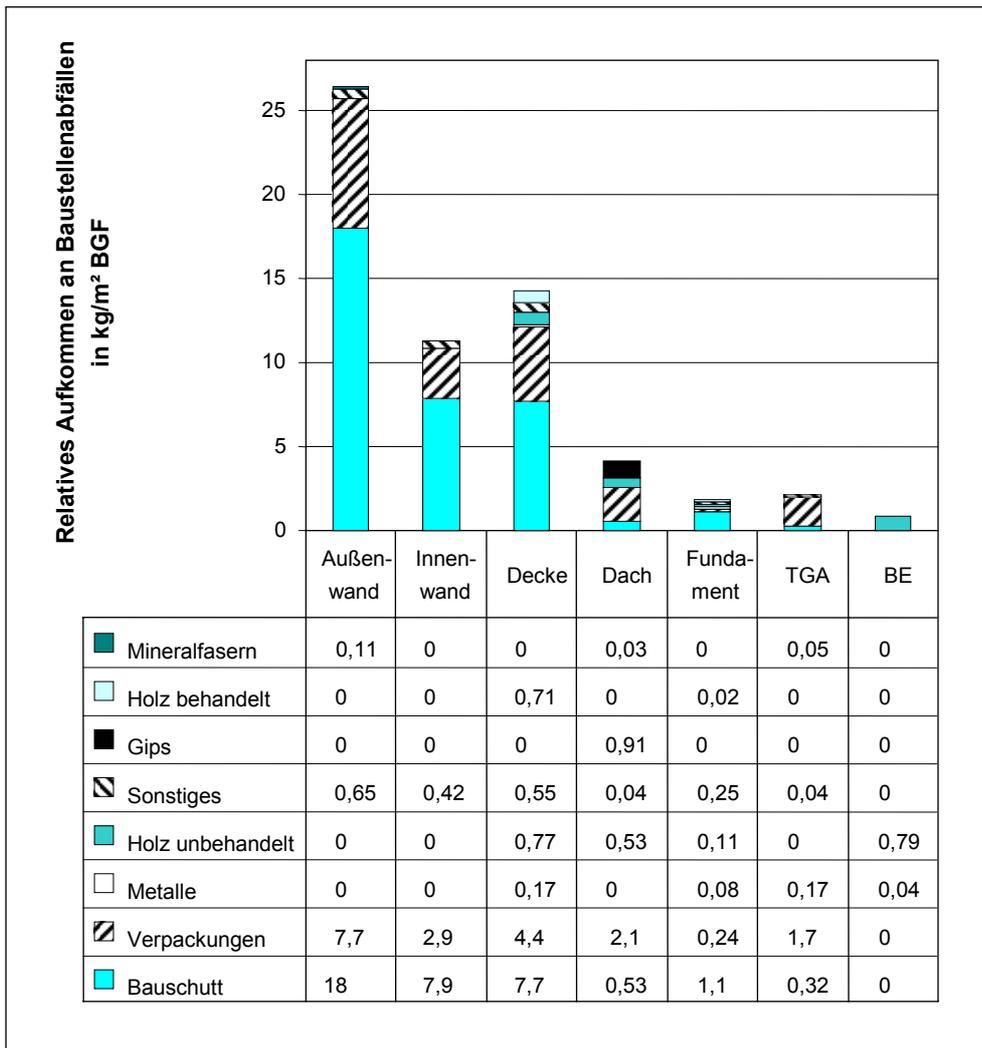


Abb. 11: Relatives Aufkommen an Baustellenabfällen während der Wohngebäudeerrichtung nach Gebäudeteilen (BGF = Bruttogeschoßfläche, TGA = Technische Gebäudeeinrichtung, BE = Baustelleneinrichtung) (aus LIPSMEIER 2004)

In einer Studie wurden mehrere Literaturstellen, die unterschiedliche Zusammensetzung von Baustellenabfällen betreffend, zusammenfassend dargestellt (PLADERER et al. 2004). Demnach schwankt der mineralische Anteil zwischen 40 und 90 Masse-%. Der Masseanteil von Papier/Pappe, Holz und Metall liegt jeweils zumeist unter 10 %. Der Restmüllanteil schwankt zwischen 3 bis knapp 40 %. Die statistische Aufbereitung der Input- und Outputmengen eines Wiener Sortierbetriebes zeigt folgende Zusammensetzung für Baustellenabfälle:

- 65 Masse-% Mineralische Stoffe: Beton, Asphalt, Ziegel, Mischmauerwerk, Deponieschutt (Heraklit, Gips, Ytong)
- 16 Masse-% Holz: unbehandelt und behandelt, Grünschnitt, Wurzelstöcke
- 2 Masse-% Metalle: Bleche (Eisen, Aluminium, Kupfer), Schrott (Eisen, Kupfer, Blei, Legierungen)
- 1 Masse-% Verpackungen: Karton, Papier, Folien, Styropor
- 16 Masse-% Restmüll: nicht verwertbar, weil Verbundstoff, Dämmstoff, zu stark verunreinigt (siehe Abb. 12).

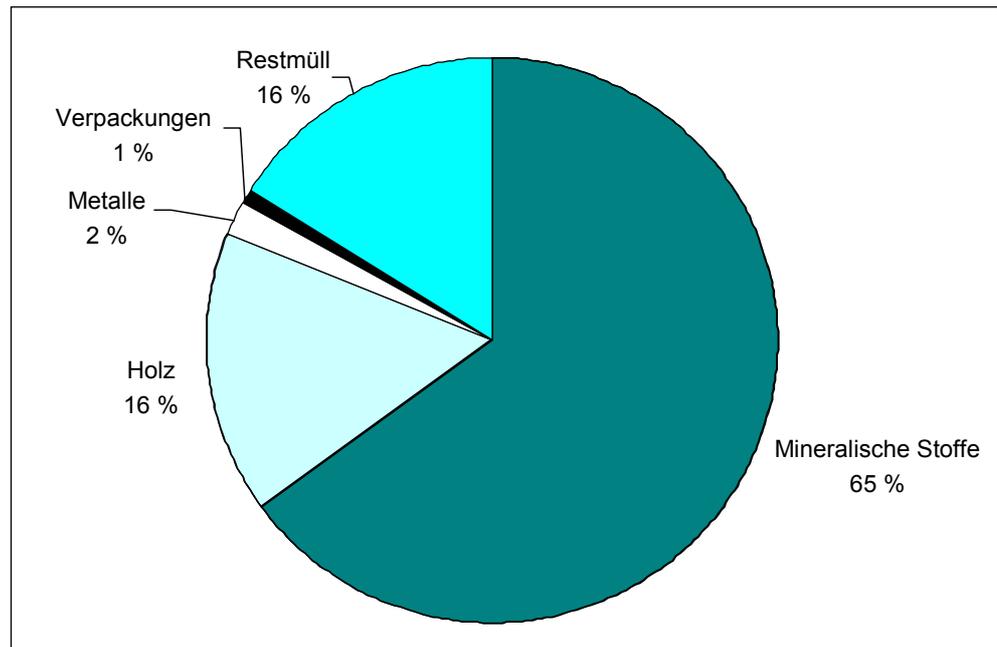


Abb. 12: Anteil der Baustellenabfall-Fraktionen in Masse-% (PLADERER et al. 2004).

### 3.2.2 Ort der Entstehung

Baustellenabfälle fallen bei Bautätigkeiten (z. B. Neubau, Umbau, Ausbau, Rückbau, Sanierung, Abbruch) in allen Bereichen des Bauwesens an. In der Regel steht auf jeder Baustelle ein Behälter (zumeist eine Abkipmulde) zur Aufnahme von gemischten Baustellenabfällen bereit. Auf kleinräumigen Baustellen (z. B. im städtischen Bereich, wo die Fläche für die Bereitstellung von Abkipmulden stark limitiert ist) steht oftmals nur ein Behälter für sämtliche angefallenen Abfälle zur Verfügung. Auf einer Baustelle mit optimierter Abfalllogistik steht eine Sortierinsel zur Verfügung, mittels derer eine getrennte Erfassung direkt an der Anfallstelle ermöglicht wird.

### 3.2.3 Schadstoffe in den Baustellenabfällen

Die aus gemischten Baustellenabfällen aussortierten Fraktionen Bauschutt, Altholz (un-/behandelt), Karton, Verpackungskunststoffe und Sortierrest (= Restmüll) wurden chemisch-analytisch untersucht (PLADERER et al. 2004). Die Autoren der Studie kamen zu folgenden Ergebnissen (adaptiert):

- Die Untersuchung der **Bauschuttfraktion** ergab eine Überschreitung der Grenzwerte gemäß DeponieVO aus dem Jahr 1996 (!) für die Parameter PAK und Summe KW (beide Gesamtgehalt), sowie Sulfat im Eluat (Anmerkung: mit der Novelle BGBl II 49/2004 wurde der Grenzwert für PAK geändert, der Parameter Summe KW durch KW-Index ersetzt. Die vorliegenden Studienergebnisse können daher nicht mit den derzeit gültigen Grenzwerten der Deponieverordnung verglichen werden). Bei den untersuchten Bauschuttproben ist zu vermuten, dass die hohen PAK-Gehalte z. B. durch mineralisches Material aus Kaminabbrüchen, Kunststoffe, holzschutzmittelbehandeltes Holz und sonstige Bauchemikalien hervorgerufen werden.

- Zieht man als Richtwert zur Beurteilung der **Altholzqualität** die deutsche Altholzerordnung heran, kann festgestellt werden, dass sämtliche Schadstoffgehalte der aus Baustellenabfällen aussortierten Fraktion „unbehandeltes Altholz“ unter den Grenzwerten liegen. Die Chargen „behandeltes Altholz“ hingegen weisen jeweils zumindest eine Grenzwertüberschreitung auf. Die PAK-Belastung (Anm: Die deutsche AltholzVO kennt keinen PAK-Grenzwert) aller aus Baustellenabfällen aussortierten Bau- und Abbruchhölzer zeigt allerdings sehr deutlich, dass eine Altholzsortierung direkt an der Anfallstelle anzustreben ist, da nur an der Quelle die Herkunft der Hölzer – und damit deren potenzielle Schadstoffbelastung – nachvollziehbar ist.
- Ein Vergleich der Analysenwerte für die Verpackungs-**Kunststofffraktion** mit Kunststoffverpackungen aus der Leichfraktion (Literaturwerte) zeigt für keinen der analysierten Schadstoff-Parameter ungewöhnliche Abweichungen.
- Aussortiertes **Altpapier** wies betreffend der Parameter Blei, Kupfer, Mangan und Fluor fallweise deutlich höhere Werte als Literaturvergleichswerte auf. Eindeutigen Aussagen bezüglich der Schadstoffquellen konnten nicht getroffen werden.
- In der verbleibenden **Restfraktion** (Sortierrest) – die sich aus verschiedensten Stoffen zusammensetzt – liegen die Messwerte der Parameter Chrom und Kupfer unterhalb der Grenzwerte für Bodenaushubdeponien. Der Messwert für Cadmium entspricht exakt dem Grenzwert für Bodenaushubdeponien. Der gemessene Heizwert von 17.219 J/kg S liegt deutlich über dem Grenzwert von 6.600 J/kg für Abfälle aus einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung. Dieser Umstand und ein Glühverlust von 46 Masse- % sind Indizien, dass der Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) den Grenzwert von 5 Masse- % für die zulässige Ablagerung von Abfällen deutlich überschreitet.

In die auf Baustellen eingerichteten Sammelbehälter für gemischte Baustellenabfälle werden häufig auch **gefährliche Abfälle** wie z. B. Kühlgeräte, Starterbatterien, Gebinde mit gefährlichen Inhaltsstoffen, Leuchtstoffröhren etc. eingebracht. Kontaminationen von Baustellenabfällen mit gefährlichen Abfällen bzw. Problemstoffen sind daher sehr wahrscheinlich. Inwieweit in Sammelbehältern auf Baustellen auch gefährliche Abfälle eingebracht werden, hängt insbesondere von der Zugänglichkeit dieser Sammelbehälter bzw. der Sauberkeit auf der Baustelle ab. Bei sauberen und (z. B. durch Gitter) abgesperrten Baustellen wird das Einbringen von Abfällen in einer „Nacht-und-Nebel-Aktion“ massiv verringert. In der Realität werden allerdings gefährliche Abfälle nicht nur von baustellenfremden Personen, sondern auch von den auf einer Baustelle tätigen Professionisten in die Sammelbehälter für gemischte Baustellenabfälle eingebracht.

Im Bauwesen ist das höchste Aufkommen von **Holzabfällen** aus der Anwendung zu verzeichnen. Das im Bauwesen anfallende Holz ist äußerst heterogen. Es kann unbelastet oder mit Holzschutzmitteln bzw. Lacken und Lasuren behandelt bzw. mit anderen Verunreinigungen belastet sein.

Bis vor etwa 15 bis 20 Jahren waren noch zahlreiche Stoffe in Holzschutzmitteln vorhanden, die später aufgrund ihrer Bedenklichkeit verboten oder durch Selbstbeschränkung der Industrie kaum mehr verwendet wurden.

In Holzschutzmitteln von Altholz enthaltene Schadstoffe können sein:

- *Pentachlorphenol (PCP)*; In Österreich wurde die Herstellung, das In-Verkehr-Setzen und die Verwendung von Pentachlorphenol auf Basis des Chemikaliengesetzes inzwischen vollständig verboten (Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über das Verbot von Pentachlorphenol (PCP));



BGBI. Nr. 58/1991). Pentachlorphenol ist gemäß der GrenzwerteVO 2003 (BGBI II Nr. 253/2001 i. d. F. BGBI. II Nr. 184/2003) als ein Arbeitsstoff, der eindeutig krebs-erzeugend ist, ausgewiesen und demnach in der Liste krebserzeugender Arbeits-stoffe (Anlage III) angeführt.

- *Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)*; Der Gehalt des krebserregenden PAKs Benzo(a)pyren kann als Leitparameter für eine Verunreinigung des sortierten Altholzes mit teerölimprägnierten Hölzern herangezogen werden.
- *Lindan (Hexachlorcyclohexan)*; Lindan wurde EU-weit mit der Kommissions-Entscheidung 2000/801/EG als Pflanzenschutzmittelwirkstoff verboten. Für den Einsatz von Lindan als Biozidprodukt (u. a. Holzschutzmittel) gab es bislang keine Einschränkung. Allerdings darf Lindan in Kürze auch als Wirkstoff in Biozidprodukten EU-weit mit der angekündigten zweiten Review-Verordnung zur Biozid-Produkte-Richtlinie (98/8/EG) nicht mehr enthalten sein (ausgenommen in Produkten für die Hygiene im Veterinärbereich).
- *Polychloriertes Biphenyl (PCB)*; Mit der Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über das Verbot von halogenierten Biphenylen, Terphenylen, Naphthalinen und Diphenylmethanen (BGBI 210/1993) wurde die Herstellung, das In-Verkehr-Setzen und die Verwendung von polychlorierten Biphenylen (PCB) verboten.
- Die Elemente Arsen, Bor, Cadmium, Chrom, Fluor, Kupfer, Quecksilber, Zinn und Zink sind die wichtigsten Bestandteile der anorganischen Holzschutzmittel (STOLZ et al. 1999).

Auch wenn

- Ein Großteil der Schadstoffe (PCP, Lindan etc.) heute nicht mehr zum Einsatz kommt;
- im Altholz nur mehr geringere Mengen dieser Mittel zu erwarten sind (Abhängig vom Einsatzort ist durch Verdunstung und Auswaschung bei organischen Holzschutzmitteln teilweise mit über 90 % Verlusten der umweltrelevanten Wirkstoffe zu rechnen) (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2002),

werden diese Schadstoffe noch in den nächsten Jahrzehnten in Abbruchhölzern vorzufinden sein (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2002; SCHMIDT et al. 1996).

Stehen auf der Baustelle keine Behälter für die getrennte Erfassung von Altholz bereit, wird das Material in die Behälter für Sperrmüll oder gemischte Baustellenabfälle eingebracht. Eine Verunreinigung von Baustellenabfällen mit schadstoffkontaminierten Althölzern ist daher sehr wahrscheinlich.

In der Regel werden gemischt gesammelte Baustellenabfälle nachträglich sortiert, wobei eine oder zwei (behandelte/unbehandelte) Altholzfraktionen gewonnen werden. Allerdings ist darauf hinzuweisen, „dass einer Altholzsortierung direkt an der Anfallstelle der Vorzug zu geben ist, da nur an der Quelle die Herkunft der Hölzer – und damit deren potenzielle Schadstoffbelastung – nachvollziehbar ist.“ (PLADERER ET AL. 2004).

In geschäumten **Dämmstoffen** enthaltene **FCKW** werden nicht unmittelbar in die Atmosphäre freigesetzt, sondern werden zunächst in den erzeugten Produkten gespeichert und über langsame Diffusionsprozesse abgegeben. Diese gespeicherten Mengen werden als Lager bezeichnet und stellen Emissionsquellen der Zukunft dar. Das größte Lager an FCKW bildete sich in PUR- und XPS-Wärmedämmstoffen im Baubereich (OBERNOSTERER 1994). Die FCKW-Moleküle sind in den geschlossenen Poren der Schaumstoffe eingeschlossen und entweichen durch Diffusion

oder beim Aufbrechen der Schaumporen. Die thermische Behandlung der Schaumstoffe stellt die Zerstörung der FCKW-Moleküle und damit ihres Ozonzerstörungspotenzials weitgehend sicher.

Es ist davon auszugehen, dass in 100 Jahren noch etwa die Hälfte der eingesetzten Mengen in den Dämmstoffen vorhanden sein wird (OBERNOSTERER 1994). Trotz des Verbotes, FCKW-geschäumte Dämmstoffe einzusetzen, ist durch den Lagerabbau über einen sehr langen Zeitraum mit weiteren FCKW-Emissionen zu rechnen. Während der Abbrucharbeiten von Gebäuden kommt es nur zum teilweisen Austritt der noch in den Dämmstoffen verbliebenen FCKW-Moleküle. Ein Teil dieser Menge würde durch das Aufbrechen der Poren in die Atmosphäre freigesetzt werden. Der restliche Teil vergrößert – sofern er nicht fachgerecht entsorgt wird – das Lager in den Deponien. Da nicht alle Dämmstoffe FCKW-geschäumt sind (OBERNOSTERER 1994), sollten die FCKW-Lager der PUR- und XPS-Dämmstoffe möglichst genau lokalisiert werden. Erst dann kann eine Entsorgung dieser Güter zielgerichtet erfolgen bzw. können Entsorgungsschwerpunkte erkannt werden.

Anstelle der derzeit zumeist praktizierten Sammlung von geschäumten Dämmstoffen gemeinsam mit anderen Baustellenabfällen wäre eine Optimierung des Abbruchs, ein Rückbau der FCKW-Lager und eine anschließende Verbrennung FCKW-hältiger Dämmstoffe anzustreben. Weiters wurden folgende Überlegung für die Entsorgung von FCKW-hältigen Dämmstoffen angestellt (UMWELTBUNDESAMT 1995):

- Beim Ausbau vor Ort sollte eine unnötige Zerkleinerung der Dämmstoffe unterbleiben, damit ein Entweichen der Stoffe nicht begünstigt wird.
- Eine Behandlung von FCKW-hältigen Dämmstoffen kann in dafür vorgesehenen Anlagen mit gekapselten, emissionsüberwachten Zerkleinerungsaggregaten erfolgen.
- Für die Abtrennung und Zerstörung der FCKW-Verbindungen stehen drei Verfahrensvarianten zur Verfügung:
  - a) Die aufgemahlten Schaumstoffe sind einer anschließenden thermischen Nachbehandlung zu unterziehen. Die gewonnenen FCKW-hältigen Substanzen können aufgespalten werden.
  - b) Das FCKW kann durch Zusammenpressen des Schaumstoffes gewonnen und anschließend thermisch entsorgt werden.
  - c) Thermische Behandlung der FCKW-hältigen Dämmstoffe, ohne vorgeschaltete Zerkleinerung oder Pressung.

Eine direkte Deponierung von FCKW-hältigen Dämmstoffen – getrennt oder gemeinsam mit der Fraktion Baustellenabfälle – ist zu vermeiden, da mit einem langfristigen Entweichen der Schadstoffe in die Umwelt zu rechnen ist.

Der im Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001 (BMFLUW 2001) definierte Behandlungsgrundsatz für Isolierschäume von Kühlgeräten sieht eine Zerkleinerung, mit dem Ziel einer weitestgehenden Erfassung der im Isolierschaum enthaltenen FCK/HFKW und eine Verbrennung des Isolierschaums zwecks Zerstörung der noch enthaltenen FCK/HFKW, vor.

**PCB** fand in der Kunststoffindustrie unter anderem als Weichmacher und als flammhemmender Zusatz Anwendung. Im Bauwesen wurde PCB vor allem als Weichmacher für dauerelastische Fugendichtungsmassen in den 60er und 70er Jahren verwendet. Der PCB-Anteil dieser Fugendichtungsmassen liegt im Normalfall zwischen 15 und 20 %, in Einzelfällen wurden bis zu 40 % verwendet (KROPIUNIK 2004a). PCB kann weiters in Lack und Anstrichmitteln, Klebstoffen sowie Deckenplatten enthalten sein.



Sollen daher bauliche Anlagen abgebrochen werden, die PCB-haltige Produkte enthalten, so wäre danach zu trachten, diese Produkte vor Beginn der Abbrucharbeiten aus der baulichen Anlage zu entfernen und fachgerecht zu entsorgen.

Die „Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden“ (NORDRHEIN-WESTFALEN 1996) schreibt für das Entfernen von PCB-Primärquellen folgende Maßnahmen vor:

- Dauerelastische Dichtungsmassen werden ausschließlich mittels staubarm arbeitender Werkzeuge oder von Hand entfernt und in für die Entsorgung geeigneten Behältern gesammelt. Hinterfüllmaterial soll entfernt werden. Anfallender Staub wird am Entstehungsort mit einem geeigneten Staubsauger aufgenommen. Die Fugenflanken sollten – soweit möglich – unter Berücksichtigung der statischen Erfordernisse entsprechend der PCB-Eindringtiefe entfernt werden. Die Fugenflanken sind ebenso wie die Dichtungsmassen von Hand oder mittels staubarm arbeitender Werkzeuge bzw. Techniken unter ständiger Absaugung oder in geschlossenen Verfahren zu entfernen. Ist ein Entfernen der Fugenflanken nicht möglich, sind diese vollständig von allen anhaftenden Dichtungsmassenresten zu befreien und mit geeigneten diffusionshemmenden Beschichtungen zu versehen. Nach Beschichtung der Anschlussbereiche und Einbringen von neuem Hinterfüllmaterial wird neu verfugt.
- Großflächige Primärquellen wie Anstriche oder Beschichtungen sind staubfrei unter ständiger Absaugung oder in geschlossenen Systemen zu entfernen.
- Demontierbare Primärquellen wie Deckenplatten sind nach vorheriger Reinigung ohne Freisetzung von Stäuben gegebenenfalls unter Absaugung auszubauen.

Gemäß BUWAL 2003 wird den für Baubewilligungen zuständigen Behörden empfohlen, im Rahmen ihrer Informationstätigkeiten und vor allem auch im Rahmen von Vorabklärungen für Um- oder Rückbauten von Gebäuden aus dem Zeitraum 1955 bis 1975 alle Bauherren auf die erforderlichen Abklärungen betreffend PCB-belasteter Fugendichtungsmassen hinzuweisen.

Im Baubereich sind **PAK** in Produkten, wie vor allem Teer und in geringer Konzentration in Bitumen enthalten. Teer wurde vielfach zur Herstellung von Asphaltböden in Nutzbereichen (Gussasphalt), in Form von Teerpappen in Kombination mit teerhaltigen Anstrichen für Dach- oder Kellerabdichtungen, in Form von Teerklebern – etwa für Parkettböden – oder auch in Holzschutzmitteln verwendet (KROPIUNIK 2004b). Weiters wurde teergebundener Kork als Isoliermaterial für Kühlräume, Dach- und Wandkonstruktionen eingesetzt. Stark teerhaltige Pappen und Papiere wurden oft als Trennschicht im Aufbau von schwimmenden Estrichen benutzt. Daher muss mit dem Auftreten von teerhaltigen Baumaterialien bei Gebäuden, die bis in die 1970er Jahre errichtet wurden, gerechnet werden (KROPIUNIK 2004b).

Für PAK-belastete Bauabfälle gilt – wie für alle anderen kontaminierten Fraktionen auch – diese vom restlichen Abfallmaterial so gut wie möglich getrennt zu sammeln und zu entsorgen. Teerhaltige Parkettkleber und Gussasphaltböden wären im Zuge einer Baumaßnahme (Umbau, Abbruch) zuerst zu lokalisieren, dann abzubrechen bzw. abzufräsen und einer fachgerechten Entsorgung (thermische Behandlung) zuzuführen. Verbleiben PAK-belastete Abfälle in der gemischten Baustellenfraktion, ist eine Überschreitung der Grenzwerte zur Deponierung sehr wahrscheinlich (vergleiche PAK-Schadstoffgehalte von aus Baustellenabfällen aussortiertem Bauschutt in PLADERER et al. 2004).

Die Anwesenheit von **Asbest** in Gebäuden ist aufgrund von Abdeckungen wie Verkleidungen, Anstrichen und dgl. und der Verwechslungsmöglichkeit mit ähnlichen, asbestfreien Baustoffen nicht immer sofort erkennbar. Ein Eintrag von asbestkontaminierten Stoffen in die gemischte Sammlung von Baustellenabfällen ist nicht auszuschließen. Besonders in Lagerhallen, Industriegebäuden und Verwaltungsgebäuden aus den 60er und 70er Jahren ist mit asbestkontaminierten Stoffen (Wärme- und Schalldämmung) zu rechnen (UMWELTBUNDESAMT 1995). Weiters wurde Asbest als Bestandteil von PVC-Belägen auf Böden und Wänden in Form von „Flex-Platten“ und „Cushion-Vinyl-(CV)-Belägen“ vor allem zwischen den Jahren 1960 und 1980 zur Anwendung gebracht (KROPIUNIK 2002).

Betreffend der Demontage von Asbestzementprodukten sieht die Anleitung zur Sanierung von Asbestzementprodukten der MA 22 Wien (2003) folgende Maßnahmen vor:

- Bei der Demontage von Asbestzementprodukten ist ein möglichst zerstörungsfreies Arbeitsverfahren anzuwenden, sodass eine allfällige Staubbelastung minimiert wird.
- Unbeschichtete Asbestzementprodukte sind vor der Demontage bzw. vor dem Abbruch, je nach Verwitterungsgrad, auf der bewitterten Oberfläche mit einem Faser bindenden Mittel zu behandeln oder feucht zu halten. Beschichtete Asbestzementprodukte können in trockenem Zustand ausgebaut werden, wenn die Beschichtung nicht großflächig abgewittert ist. Zum Lösen der Befestigungsmittel ist ein Arbeitsverfahren zu wählen, bei dem die dem Stand der Technik entsprechende Zerstörungsfreiheit beim Demontieren erreicht wird.
- Am Demontageort sind die Asbestzementprodukte in einer Mulde zu lagern und – um eine Staubeentwicklung zu vermeiden – zu befeuchten. Sperrige Asbestzementplatten (wie z. B. lange Wellplatten) sind befeuchtet zu stapeln. Wurden die Asbestzementprodukte mit einem Faser bindenden Mittel verfestigt ist eine Befeuchtung nicht erforderlich. Für den Transport müssen die Mulden mittels Deckel oder anderen staubdichten Abdeckungen (z. B. Planen) verschlossen werden.

Im Jahr 2002 wurde ein Leitfaden für die Entfernung von CV-Belägen erstellt (KROPIUNIK 2002).

Bei der Verbreitung von **Aluminium** im mitteleuropäischen Hochbau ist ein starker Unterschied zwischen Wohngebäuden und Bürogebäuden festzustellen. In Wohngebäuden kommt Aluminium in tausenden von Kleinteilen typischerweise von einer Masse kleiner als 250 g/Teil vor. Pro Wohnung ergibt sich daraus eine Gesamtmasse von 38 kg. Der durchschnittliche Aluminiumgehalt eines Bürogebäudes liegt hingegen bei 7.000 kg, die überwiegend von Außenpaneelen mit bis zu 90 kg/Teil stammen. Damit ist ein getrenntes Sammeln von Aluminium beim Abriss von Bürogebäuden viel leichter zu bewerkstelligen. Dennoch wird auch für Wohngebäude – bei Vorliegen der entsprechenden Infrastruktur – von Sammelquoten von 95 % berichtet (BOIN & HOUWELINGEN 2004).

Eine **Kupferbilanz** für den Gebäudesektor Deutschlands ergab, dass jährlich ca. 750.000 t Kupfer verbaut werden und ca. 86.000 t Kupfer ausgeschieden werden. Es wurde abgeschätzt, dass sich die Rücklaufmenge bis zum Jahr 2030 verdoppeln sollte. Tab. 13 zeigt die spezifische Menge an Kupfer, die je m<sup>2</sup> Gebäudefläche für die häufigsten Anwendungen (Trinkwasserleitungen, Gas-, Heizungs- und Elektroinstallationen) verbaut werden (SATLOW ET AL. 2002). Insgesamt werden je m<sup>2</sup> Gebäudefläche zwischen 0,6 und 2,2 kg Kupfer verbaut.



Tab. 13: Kupfer in Gebäuden (SATLOW ET AL. 2002).

Anwendung	Spezifischer Kupfergehalt in kg/m <sup>2</sup> Gebäudefläche	
	Min	Max
Trinkwasserleitungen	0,15	0,69
Gasinstallationen	0,1	0,36
Heizungsinstallationen	0,14	0,34
Elektroinstallationen	0,2	0,8
<b>Gesamt</b>	<b>0,59</b>	<b>2,19</b>

### 3.2.4 Behandlungstechnologien

Im Folgenden wird der Ablauf einer rein manuellen und einer automationsunterstützten Sortierung von gemischten Baustellenabfällen beschrieben (adaptiert nach PLADERER et al. 2004):

#### a.) Manuelle Sortierung (Wiener Sortierbetrieb)

Die von den Baustellen angelieferten gemischten Baustellenabfälle werden im Sortierbetrieb in ihre verwertbaren Fraktionen getrennt, die dann einer Wiederverwertung zugeführt oder umweltgerecht entsorgt werden. Das Ziel des Sortierbetriebes ist, die Sortiereffizienz der Baustellenabfälle kontinuierlich zu verbessern, sodass die verbleibende Restmüllmenge stetig minimiert wird (weniger als 10 %). In den EMAS-Umwelterklärungen des Sortierbetriebes wird angeführt, dass der aus der Baustellenabfallsortierung verbleibende Restmüllanteil von 27 % (1996) auf 15 % (1999) und auf 9,5 % im Jahr 2002 reduziert werden konnte. Der verbleibende Restmüllanteil liegt somit unter 10 % des Inputs an Baustellenabfällen.

Am Betriebsstandort befinden sich eine Waage mit genauer EDV-Erfassung der Daten, eine befestigte Manipulationsfläche (Muldenabkippbereich und Flächen für temporäre Schüttungen, mit Dichtasphalt versehen), ein eingehauster Bereich, sowie Container für die Belegschaft und das Büro.

Die Manipulation der Mulden und Container sowie die Verladung werden von einem Bagger mit Greifer und einem Radlader mit Schaufel vorgenommen. Die Sortierung wird größtenteils händisch von 4 Mitarbeitern durchgeführt, wobei ein Mitarbeiter zwischenzeitlich den Radlader bedient. Bei der Sortierung wird zur Unterstützung auch der Greifer eingesetzt, der von einem weiteren Mitarbeiter betrieben wird. Für die sortenreinen aussortierten Fraktionen stehen mehrere Container bereit. Die zum Sortierbetrieb angelieferten Abfälle von Baustellen umfassen in erster Linie gemischte Baustellenabfälle sowie in wesentlich geringerem Ausmaß Lieferungen von Sperrmüll, verunreinigtem Bauschutt, gemischten Holzabfällen und Grünschnitt. Die Anlieferung erfolgt vorwiegend mittels Abkippmulden (v. a. 8 m<sup>3</sup>) auf LKWs.

Die beladenen LKWs fahren in das Betriebsgelände ein und werden auf einer Waage verwogen. Hierbei erfolgen eine erste Sichtkontrolle der Abfälle sowie eine elektronische Aufzeichnung der Abfallherkunft und der Abfallart. Die angelieferte Abfallmenge wird bestimmt, indem der leere LKW beim Verlassen des Betriebsgeländes abermals verwogen wird. Die Ladung wird auf der befestigten Sortierfläche abgekippt und das Material mit dem Bagger auseinander gezogen, sodass eine genaue visuelle Betrachtung und endgültige Deklaration der Abfälle erfolgen kann.



Die angelieferten Fraktionen unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung sehr stark. Die Zusammensetzung und Art der Abfälle hängt vom Entwicklungszustand der jeweiligen Baustelle ab. Demnach sind angelieferte Baustellenabfälle von Abbrüchen sehr stark mit mineralischen Bestandteilen (Schutt) angereichert, während die Zusammensetzung von Baustellenabfällen von Baustellen, die sich in der Rohbauphase befinden, hauptsächlich von Verpackungs- und Verschnittmaterialien geprägt ist.

Aus dem entzerrten Material werden zuerst sperrige Anteile wie Holzlatten, Fenster, Türen, Türstöcke, Möbel, Sanitäreinrichtungen, Paletten, Platten, Grünschnitt, Scheibtruhen etc., manuell aussortiert. Auch angelieferte gefährliche Abfälle wie Kühlschränke, Autobatterien und Leuchtstoffröhren werden zu Beginn manuell aussortiert. Parallel dazu werden große Verpackungsfolien aus Kunststoff, Schrott, Bleche, große Kartonagen und Kabel aussortiert. Für die Fraktionen unbehandeltes Holz, behandeltes Holz, Verpackungskartonagen, Verpackungsfolien aus Kunststoff, Kabel, Schrott und Blech stehen eigene Container zur Verfügung, in denen die aussortierten Bestandteile mittels Greifer sortenrein eingebracht werden. Holzabfälle werden optisch in behandelte und unbehandelte unterschieden und mittels Schaufel des Radladers in den entsprechenden Container verbracht. Der Fraktion „Holz unbehandelt“ werden vorwiegend Holzpaletten, aber auch Schal- und Spanplatten mit Furnier zugeordnet. Lackierte Hölzer sowie Holzabfälle aus Verbunden (z. B. Möbelstücke) werden als Fraktion „Holz behandelt“ getrennt gesammelt. Fenster mit Holzrahmen werden entglast und der Rahmen der behandelten Altholzfraktion zugegeben.

Die in Containern sortenrein gesammelten Fraktionen werden regelmäßig abgeholt und laut Auskunft des Unternehmens in Folge stofflich verwertet (Kunststofffolien, Kartonagen, Schrott, Blech, unbehandeltes Holz, Grünschnitt), energetisch verwertet (behandeltes Holz) oder deponiert (Restfraktion, Bauschutt). Nach der manuellen Sortierung wird der verbleibende Sortierrest – je nach Beschaffenheit – entweder mittels Radlader auf den Bauschutthaufen aufgebracht oder als Restmüllfraktion mittels Greifer in einen Container befördert. Eine am Sortierplatz abgekippte Mulde mit Baustellenabfällen wird in einer Nettozeit von etwa 30 Minuten abgearbeitet. Die Sortierer bearbeiten gleichzeitig mehrere getrennt abgekippte Baustellenabfallhaufen.

Die aus den angelieferten Baustellenabfällen verbliebene Restmüllfraktion (= Sortierrest) besteht vorwiegend aus großen und kleinen Verpackungsfolien aus Kunststoff, Kunststoffeimern und -kanistern, PET-Flaschen, Umreifungsbändern, Kartuschen, kleinen Kartonagen, Kraftpapiersäcken, Zigarettenschachteln, Dämmmaterial, Nicht-Verpackungskunststoffen (Matten, Rohre, Abdeckplanen, Kabelrohre, Schienen), Textilien sowie einer mineralischen Klein- und Feinfraktion. Theoretisch könnte der verbleibende Restmüllanteil noch weit unter 10 % gedrückt werden, da ein Großteil der Materialien leicht aussortierbare Kunststoffe sind. Wirtschaftliche Überlegungen – z. B. begrenzte Anzahl an Sortierpersonal, Anzahl an Anlieferungen pro Zeiteinheit sowie die geringe Masse von Kunststoffabfällen – setzen der Sortiereffizienz Grenzen.

Die Restmüllfraktion wurde bis Ende 2003 noch auf Massenabfalldeponien abgelagert. Seit 2004 wird die Restmüllfraktion (= Sortierrest) nicht mehr deponiert, sondern nach einer mechanischen Aufbereitung zum Großteil einer energetischen Verwertung zugeführt.

#### *b.) Automationsunterstützte Sortierung (Wiener Sortierbetrieb)*

Der Sortierbetrieb sortiert seit etwa 10 Jahren die übernommenen Baumixmulden, da laut Auskunft der Befragten ein direktes Deponieren des gemischten Baustellenabfalls aufgrund des hohen organischen Anteils und der Sperrigkeit (macht Verdichten

unmöglich) nicht möglich ist. Ziel des Sortiervorgangs ist es, geringe Mengen von Restmüll (hohe Deponiekosten) und eine maximale Ausbeute gewinnbringender Fraktionen zu erhalten.

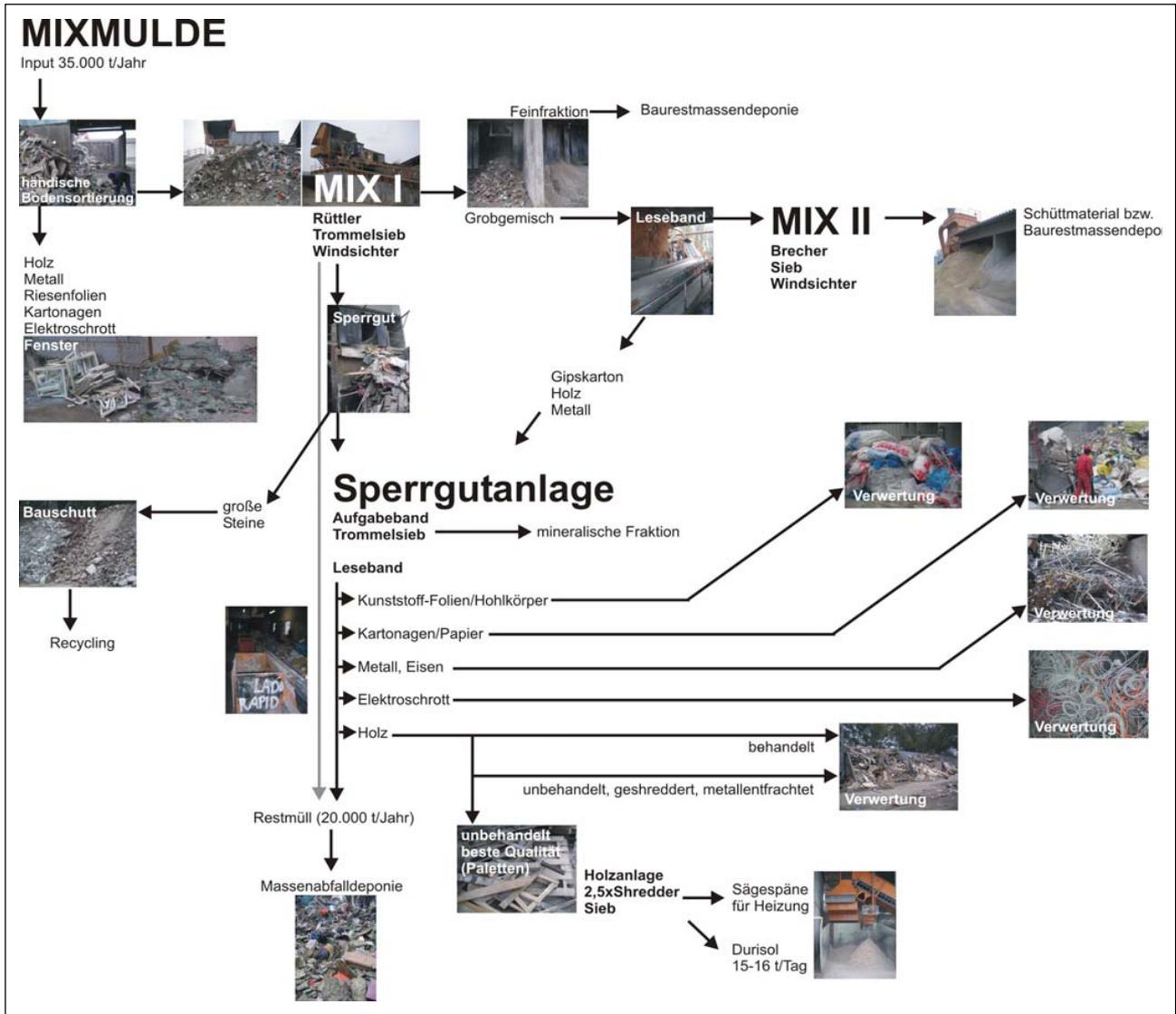


Abb. 13: Sortierablauf.

Bei Muldenanlieferung wird vorerst eine händische Bodensortierung vorgenommen, bei der Sperrgut (Holz, Metall, große Folien, Kartonagen etc.) abgetrennt wird. Anschließend erfolgt eine mechanische Vorsortierung. Die mechanische Sortieranlage besteht aus einem Rüttler, einem achteckigen Trommelsieb und einem Windsichter. Es entstehen folgende vier Fraktionen:

- mineralische Feinfraktion, die zur Baurestmassendeponie gebracht wird,
- mineralisches Grobgemisch (mit Anteilen von Kunststoff und Holz), das in einer weiteren Anlage aufgeschlossen wird,
- Sperrgut, das nach dem Entfernen großer Steine (werden mit Bauschutt zur Recyclinganlage gebracht) in die Sperrgut-Anlage eingebracht wird,
- Restmüll (= Output aus Windsichter), der bis 1. 1. 2004 ohne weitere Aufbereitung deponiert wurde.

Das Grobgemisch wird über ein Leseband (händisches Aussortieren von Wertstoffen und organischem Material) in die Brechanlage eingebracht, wo das mineralische Material mittels Brecher, Sieb und Windsichter zu Schüttmaterial verarbeitet wird. Die entstehenden Fraktionen sind in ihrer Zusammensetzung ähnlich, nur die Teilchengröße variiert. Der Anteil an organischer Verunreinigung erreicht keine 5 %. Damit ist das Ablagern auf einer Baurestmassendeponie möglich. Das Material hat keinen monetären Wert.

Sowohl die im Grobgemisch aussortierten Wertstoffe als auch das in der Vorsortierung abgetrennte Sperrgut wird in die Sperrgut-Anlage eingebracht. Durch ein Förderband wird das Material in ein Trommelsieb gebracht. Das Trommelsieb dient zur Abtrennung der mineralischen Fraktion (die wiederum direkt in die Brechanlage überführt wird). Am anschließenden Leseband erfolgt eine händische Sortierung: Kunststoff-Folien und Kunststoff-Hohlkörper (Kübel, Kanister), Kartonagen und Papier, behandeltes und unbehandeltes Holz sowie Metall werden getrennt. Der verbleibende Restmüll wurde bis 1. 1. 2004 auf einer Massenabfalldéponie abgelagert. Durch den Sortiervorgang kommen nur 20–40 % des Muldeninhalts auf eine Déponie, wobei 10–15 % auf Baurestmassendeponien und etwa 5 bis max.10 % auf Restmülldeponien entsorgt werden.

### 3.2.5 Schwierigkeiten bei der Wiederverwendung, Abfallverwertung und -entsorgung

Schätzungen haben ergeben, dass rund 90 % der beim Neubau von Wohngebäuden anfallenden Abfälle stofflich verwertet werden könnten, bei Bürogebäuden rund 77 % (LIPSMEIER 2004) (siehe Abb. 14). Jedoch ist die Verwertbarkeit dieses Anteils durch die hydrophilen Eigenschaften der hier bewerteten Kalksandsteine (42 Masse- % beim Wohngebäude, 11 Masse- % beim Bürogebäude), beispielsweise für den Straßenbau, eingeschränkt.

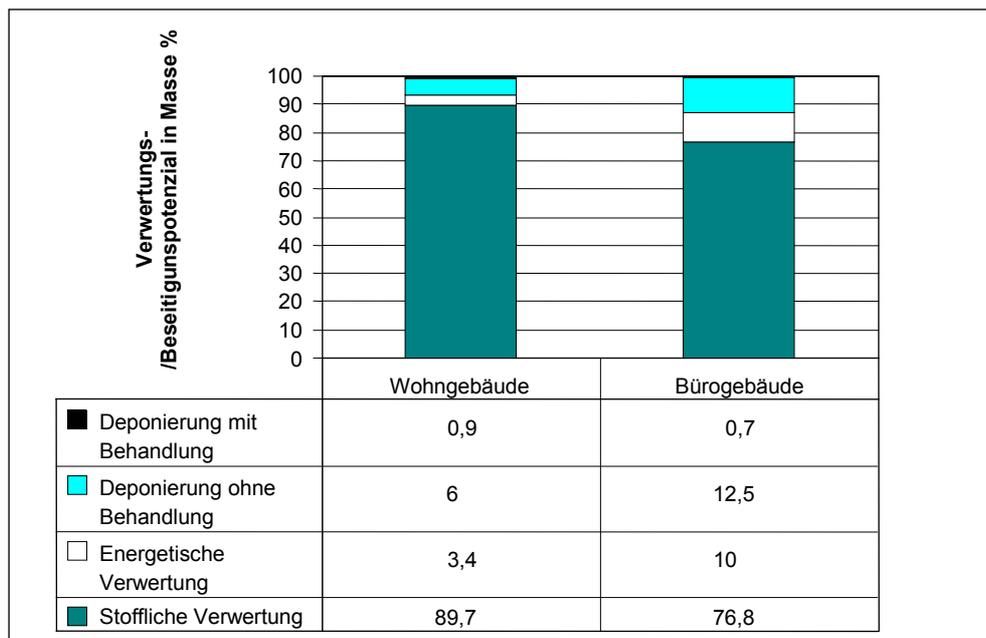


Abb. 14: Maximale Verwertungsraten der Baustellenabfälle bei der Errichtung von Gebäuden mit hohem Ausstattungsgrad und entsprechende Beseitigungsraten (aus LIPSMEIER 2004).



Laut Auskunft mehrerer Anlagenbetreiber bewirkte das In-Kraft-Treten der Baurestmassentrennverordnung im Jahre 1993, infolge der intensivierten getrennten Sammlung von Bauschutt direkt an der Anfallstelle, einen signifikanten Rückgang der rein mineralischen Fraktion im gemischten Baustellenabfall. Wesentlicher Einflussfaktor auf diese Entwicklung war aber auch der weitaus höhere Annahmepreis für Baustellenabfälle im Vergleich zu Bauschutt.

Die nicht mineralischen Fraktionen werden derzeit, v. a. auf kleinen Baustellen mit wenig Manipulationsfläche, nur begrenzt getrennt erfasst und entsorgt. In der Regel fallen auf Baustellen noch immer große Mengen an gemischten Baustellenabfällen an, die nachträglich in Sortieranlagen manuell – teilweise automationsunterstützt – in wieder verwertbare Fraktionen getrennt werden.

*„Doch nicht fehlende Vermeidungs- und Verwertungstechnologien, sondern organisatorische Schwachstellen scheinen der Hauptgrund für eine vielfach unökologische sowie unökonomische Baustellenentsorgung zu sein. Bei den mit Bauherren, Bauträgern, Planern und Architekten durchgeführten Interviews zeigte sich deutlich, dass die Abfallentsorgung auf Baustellen in der Planungsphase nicht als Kostenfaktor erkannt und thematisiert wird“ (PLADERER et al. 2004).*

*„Ein Großteil der Baustoffe bzw. Bauteile weist zumindest die theoretische und technische Möglichkeit einer Wieder- bzw. Weiterverwendung und/oder eines Materialrecyclings auf“ ... „Die erneute Verwendung gebrauchter Bauteile ist zwar quantitativ nur in geringerem Umfang als das Materialrecycling möglich, sie stellt aber die qualitativ höherwertige Recyclingstufe und einen wesentlichen Beitrag zu intelligenten Materialkreisläufen dar. In jedem Bauprojekt sollte daher die Möglichkeiten einer Wieder- bzw. Weiterverwendung von Bauteilen geprüft werden. Für zukünftige Neubauten ist eine spätere Wiederverwendung von Bauteilen oder eine Verwertung von Baustoffen bereits bei der Planung zu berücksichtigen. Es gilt das Motto: „Prozessorientiertes Entwerfen ist der Schlüssel zum recyclinggerechten Konstruieren“ Dabei ist zu berücksichtigen, dass Rückbaumaßnahmen nicht erst am Ende der gesamten Lebensdauer eines Bauwerkes anfallen, sondern bereits während der Nutzungsphase im Zuge von Umbauten, Ausbauten und des Tauschs nicht mehr funktionstüchtiger Bestandteile“ (PLADERER et al. 2004).*

### 3.2.6 Vermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen

*„Das primäre abfallwirtschaftliche Ziel Vermeidungs- und Verwertungspotenziale von Baustellenabfällen auszuschöpfen wird durch*

- *Wiederverwendung von Bauteilen,*
- *Substitution von umweltgefährdenden Baustoffen und Baustoffverbindungen, sowie*
- *getrennte Erfassung der verschiedenen Anfallfraktionen auf der Baustelle erreicht“ (PLADERER et al. 2004).*

#### 3.2.6.1 Baustellenseitige Trennung

Durch ein sorgfältiges Abtrennen der Baustellenabfälle von mineralischen Materialien bereits an der Baustelle, kommt es jedenfalls zu einer qualitativen Verbesserung des Bauschuttes, der einem rohstofflichen Bauschutt-Recycling unterzogen werden kann. Bei einer thermischen Nutzung der Baustellenabfälle ist eine Vermischung mit mineralischen Anteilen zu vermeiden, da die mineralische Matrix unnötige Kapazitäten bindet.

Bei einer rein manuellen Baustellenabfall(nach)sortierung kann nur mehr eine deponiefähige Bauschuttfraktion gewonnen werden. Ein Einsatz als Recycling-Baustoff oder Schüttmaterial scheint aufgrund der minderen Materialqualität nicht möglich.

Bei einer automationsunterstützten Baustellenabfallsortierung mittels Trommelsieb, Brecher und Windsichter, kann aus den gemischten Baustellenabfällen eine Bauschuttfraktion optisch guter Qualität gewonnen werden. Die optische Qualität einer auf der Baustelle sortenrein gesammelten Bauschuttfraktion kann die aus Baustellenabfällen aufbereitete Bauschuttfraktion allerdings in der Regel nicht erzielen.

Prinzipiell gilt für alle Fraktionen (Papier, Kunststoff, mineralische Baurestmassen, Holz etc.), dass die Möglichkeit einer Verwertung gegeben ist, wenn eine getrennte Erfassung der Fraktionen direkt an der Baustelle erfolgt. Jede Art der Vermischung einer oder mehrerer Fraktionen führt zu Fraktionsverunreinigungen, die selbst bei einer nachträglichen Sortierung der Mischfraktion nicht zur Gänze behoben werden können.

Ist eine baustellenseitige Trennung der einzelnen Fraktionen aufgrund des limitierten Platzes nicht möglich, ist eine nachträgliche Trennung in Sortieranlagen erforderlich. Allerdings kann durchaus auch auf Baustellen mit einem limitierten Platzangebot für Entsorgungsbehälter eine getrennte Erfassung erfolgen. Innovative Lösungen mit mobilen Sammelbehältern (z. B. Gitterboxen) anstelle von Abkippmulden, ermöglichen bei entsprechender Einschulung des Handwerkspersonals, eine saubere und sortenreine Sammlung einzelner Fraktionen. Es gibt grundsätzlich kein einheitliches Rezept und keine Technologie für jede Baustelle, aber durch den flexiblen Einsatz verschiedener Sammelgefäße, Sammelsysteme und Abholsysteme kann von entsprechenden Entsorgungsbetrieben für alle Baustellen eine entsprechende Trennung vor Ort angeboten werden. *„Einschulung, Information und Motivation aller betroffenen Arbeitnehmer ist für den Aufbau eines abfallarmen Baustellenbetriebs wichtig“* (PLADERER et al. 2004).

Die **Sortierinsel** ist die umweltfreundlichste Verwertungsvariante von Baustellenabfällen. Sie entspricht der gesetzlich verpflichtenden Trennung von Baurestmassen und ist bei getrennter Abgabe der Abfälle auch die kostengünstigste Entsorgungsmöglichkeit. Sortierinseln sind derzeit auf Baustellen selten anzutreffen. In vielen Fällen müssen Poliere noch von der Sinnhaftigkeit von Sortierinseln überzeugt werden. Entsorgungsunternehmen stehen der Einrichtung und dem Betrieb von Sortierinseln hingegen positiv gegenüber.

Eine Sortierinsel ist in der Regel eingezäunt und wird von einer Person betreut, die für eine sortenreine Trennung der Abfälle zuständig und verantwortlich ist. Die verantwortliche Person ist in der Praxis entweder ein Vertreter eines Entsorgungsunternehmens oder der Polier, der die Sortierinsel mit betreut. Die verantwortliche Person hat weiters auch dafür zu sorgen, dass freie Entsorgungskapazitäten für die verschiedenen Fraktionen zur Verfügung stehen. Um Fehlwürfe zu vermeiden, haben Sortierinseln in der Regel fixe Öffnungszeiten, was von Kritikern zumeist als Grund gegen die Errichtung einer Insel angeführt wird. Die Anzahl und Größe der Sammelbehälter variiert in Abhängigkeit von der Bauphase und der in jeder Bauphase zu erwartenden Mengen an einzelnen Fraktionen. In der Regel stehen auf einer Sortierinsel Sammeleinrichtungen für folgende Fraktionen zur Verfügung:

- mineralische Abfälle
- Metallabfälle
- Holzabfälle (behandelt/unbehandelt)



- Kartonagen
- Papierabfälle
- Kunststoffabfälle
- Styroporabfälle und
- Restmüll.

Bei der Baustellenbetreuung durch einen Entsorgungsbetrieb besteht die Möglichkeit, dass der Entsorgungsbetrieb selbst eine Sortierinsel betreibt. Das Sortieren vor Ort auf der Baustelle braucht Know-how, Disziplin und Platz. *„Im Falle der Errichtung einer Sortierinsel auf dem Baustellengelände steht und fällt der Erfolg neuer abfallwirtschaftlicher Maßnahmen mit einer engen Zusammenarbeit zwischen den Verantwortlichen und der Bauleitung“* (PLADERER et al. 2004).

Pilotprojekte mit Sortierinseln haben gezeigt, dass infolge einer getrennten Erfassung das Aufkommen von gemischten Baustellenabfällen drastisch reduziert werden kann und eine Erhöhung der Verwertungsrate erreicht wird. Ein kontrollierter Rückbau kann nur gemeinsam mit einer getrennten Sortierung direkt auf der Baustelle funktionieren. Eine Sortierinsel zur Abfallsammlung auf der Baustelle erscheint die geeignete Maßnahme zu sein, sortenreine und recyclingfähige Abfallfraktionen getrennt zu erfassen. Eine Sortierinsel ist nicht nur die umweltfreundlichste Entsorgungs- bzw. Verwertungsvariante und entspricht der gesetzlich verpflichtenden Trennung von Bauabfällen, sondern ist bei getrennter Abgabe der Abfälle auch die kostengünstigste Entsorgungsmöglichkeit. Wenn die Personal- und Einrichtungskosten in den Baustellenumlagekosten enthalten sind, ist die volle Entsorgungskosteneinsparung möglich (RUMBA 2003).

Aufgrund des seit 1. 1. 2004 wirksamen Road-Pricing wird laut Einschätzung der Experten der Entsorgungsbranche der Betrieb einer Sortierinsel vor Ort im Vergleich zu einer Sammellogistik ohne sortenreine Erfassung billiger werden (PLADERER et al. 2004).

Die Firma Ökotechna Entsorgungs- und Umwelttechnik GmbH betreibt auf Baustellen mehrere Sortierinseln und führt in ÖKOTECHNA 2003 folgende Ziele für den Betrieb einer Sortierinsel an:

- Einen hohen Verwertungsgrad erzielen.
- Den Bauherren, die Bauaufsicht sowie die Bauleitung von Abfallzuordnungsstreitigkeiten entlasten.
- Dem Bauherren und der Bauaufsicht die Organisation der Entsorgung, der Grobreinigung inkl. Entsorgung abnehmen und eine „saubere“ Baustelle garantieren.
- Durch unterschiedliche Preise Anreize zur Getrennthaltung von Abfällen schaffen.
- Gerechte Zuordnung der Entsorgungskosten durch genaue Mengendokumentation ermöglichen.
- Erzielen von Breitenwirkung durch Gewöhnung der Baufirma und der Profissionisten an dieses System.
- Die am Bau beteiligten Firmen sind z. B. nach einem vom Bauherren festgelegten Schlüssel an den Fixkosten beteiligt. Die Preisliste enthält alle Fraktionen mit hohen Preisunterschieden zur Mischfraktion, sodass der Vorteil der getrennten Sammlung eindeutig ersichtlich wird.
- Die Übernahme der Abfälle durch die Entsorgungsfachkraft erfolgt zu bestimmten ausgehängten Annahmezeiten (Öffnungszeiten) und wird nach Art und Menge mit Datum und Uhrzeit in eine Liste eingetragen und vom Übergeber bestätigt.

- Jedem Professionisten und jeder Baufirma kann monatlich die tatsächliche Abfallmenge verrechnet werden.
- Durch die Ausgabe verschiedener Kleinbehälter, Säcke oder Direktzuordnung in Mulden oder Containern wird die Sammlung erleichtert

Die Ausschreibung kann die Einrichtung einer Sortierinsel mit versperrbarer Umzäunung, Bauhütte, die entsprechende Anzahl von Behältnissen in verschiedenen Größen (z. B. Mulden, Container, Sackgestelle) sowie die Beistellung einer Fachkraft und auch die Grobreinigung zwingend vorschreiben (ÖKOTECHNA 2003).

Bezogen auf die Situation in Deutschland beginnt sich ab Abfallbeseitigungskosten von ca. 50 €/t eine Trennung der Baustellenabfälle zu rechnen (LIPSMEIER 2004). Bei Abfallbeseitigungskosten von 110 €/t wären die Abfallbehandlungskosten mit Abfalltrennung weniger als halb so hoch wie die Abfallbehandlungskosten ohne Abfalltrennung (siehe Abb. 15).

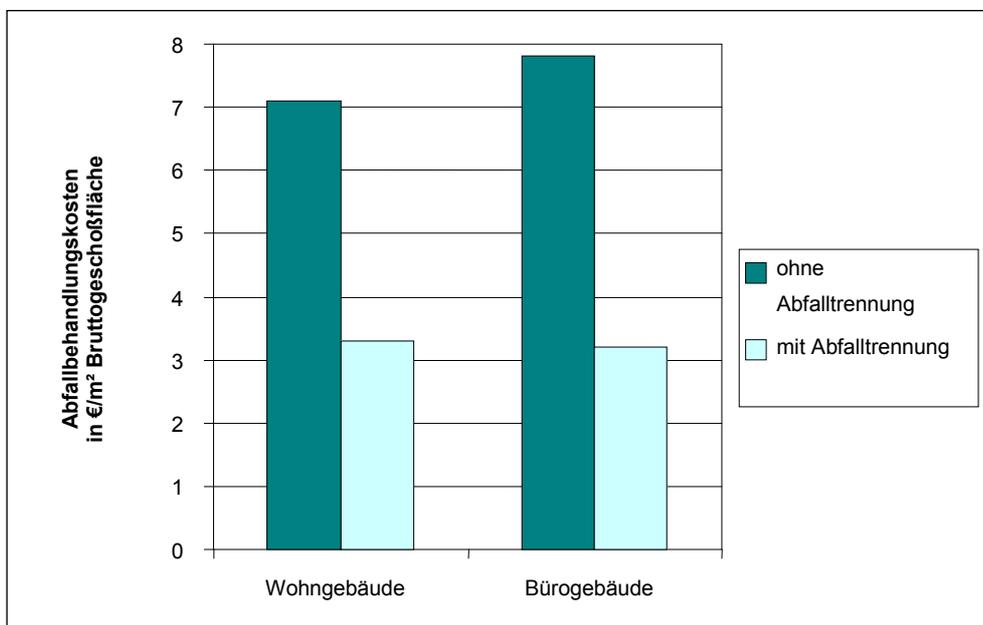


Abb. 15: Relative Entsorgungskosten der Baustellenabfälle bei Neuerrichtung von Wohn- bzw. Bürogebäuden mit hohem Ausstattungsstandard bei zentraler Abfallbeseitigungslogistik in €/m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche (bei angenommenen Beseitigungskosten von 110 €/t) (aus LIPSMEIER 2004).

Inwieweit in Sammelbehältern für nicht gefährliche Abfälle auch gefährliche Abfälle (eingebracht werden, hängt insbesondere von der Zugänglichkeit dieser Sammelbehälter ab. Als Empfehlung kann daher angeführt werden, dass sämtliche die Sammelbehälter für Baustellen fremde Personen möglichst unzugänglich sind, was nur auf einer sehr gut abgesperrten Baustelle verwirklicht werden kann.

### 3.2.6.2 Rückbau

Eine effiziente Möglichkeit, gemischte Baustellenabfälle zu minimieren, ist der wertungsorientierte Rückbau, der gegenüber dem konventionellen Abbruch den Vorteil besitzt, dass durch die Sortierung der einzelnen Materialien in der nachgeschalteten Aufbereitung hochwertige und marktfähige Sekundärrohstoffe produziert werden können. Damit werden Rohstoffe substituiert, Ressourcen und Deponieraum gesont.



Die selektive Demontage gewinnt zunehmend an Bedeutung. Voraussetzung ist jedoch ein umfangreicher Planungsprozess vor der Ausführung, wobei das betreffende Gebäude analysiert und ein detaillierter Abfallkataster angefertigt werden muss. Eine Entsorgungsplanung muss mit einem Zeitplan die Demontageschritte aufeinander abstimmen. Der verwertungsorientierte Rückbau bietet – mehr als der Neubau – zahlreiche Möglichkeiten, Bauabfälle durch Wiederverwendung und/oder Verwertung zu vermeiden.

*„In der Regel ist der kontrollierte Rückbau gegenüber dem konventionellen Abbruch die kostengünstigere Variante. Dieser ökonomische Vorteil des kontrollierten Rückbaus wird jedoch stark von den regionalen Verwertungs- und Entsorgungskosten beeinflusst und kann deshalb nicht verallgemeinert werden“ (PLADERER et al. 2004).*

Weitere Informationen zum selektiven Rückbau sind dem Kapitel 3.1.7.1 zu entnehmen.

### **3.2.6.3 Schadstoffentfrachtung**

Schadstoffbelastete Materialien und gefährliche Abfälle sind von den Baustellenabfällen fern zu halten. Der Einsatz von schadstofffreien – umweltfreundlichen im weiteren Sinne – Baustoffen ist zu forcieren, da bereits zum Zeitpunkt des Neueinsatzes Bedacht auf eine spätere Entsorgung zu nehmen ist. Zur Bewertung sind Kriterien der Bauökologie heranzuziehen. Aus den Forderungen des Abfallwirtschaftsgesetzes (Schonung der Rohstoff- und Energiereserven, Schonung des Deponieraumes und Anwendung des Vorsorgeprinzips) lässt sich ableiten, dass Baumaterialien weitgehend erdkrustenartige oder biomasseähnliche Eigenschaften aufweisen sollten.

### **3.2.6.4 Recyclinggerechte Baustoffe und entsorgungsgerechte Materialverbunde**

Die Behandlung und Verwertung der Zukunft ist durch die derzeit eingesetzten und in Entwicklung befindlichen Baustoffe geprägt. Es sollten allgemein Baustoffe entwickelt, produziert und verwendet werden, die über den gesamten Produktlebenszyklus ein Minimum an Emissionen sowie eine minimale Schadstofffracht verursachen und nach dem Gebrauch leicht trennbar, reinigbar und gut recyclefähig sind.

Für eine Reihe von Anwendungen ist es von Vorteil verschiedene Materialien mit komplementären Eigenschaften zu verbinden bzw. im Verbund einzusetzen. Beim Recycling bereiten Materialien aus nahezu untrennbaren Verbunden jedoch große Schwierigkeiten. Eine weitestgehende Vermeidung wäre aus abfallwirtschaftlicher Sicht anzustreben, stößt aber aufgrund der bautechnischen Vorteile auf erhebliche Barrieren. Wenn Verbunde nicht vermieden werden können, sollten sie aus Stoffen bestehen, die zusammen recycelt werden können oder sie sollten durch leicht lösbare Verbindungsmittel verbunden sein.

Dabei hat auch die Auswahl der Verbindungsmittel (punktuelle wie z. B. Schrauben und Nägel im Gegensatz zu flächenhaften Verbindungen wie z. B. Kleben, Schweißen) großen Einfluss auf eine spätere Entsorgung und Verwertung.

Anzustreben wäre auch eine Minimierung der Vielfalt an Materialverbunden.

In diesem Zusammenhang wird beispielsweise von der Stadt Wien derzeit im Rahmen des Projekts „Ökokauf – Wien“ (STADT WIEN 2005) die Leistungsbeschreibung Hochbau „ökologisiert“. Baustoffe und Baukonstruktionen werden nach ökologischen Grundsätzen bewertet bzw. Verbesserungsvorschläge vorgebracht. Ein zentrales Thema dabei ist, generell verbundbare Stoffe, die Verklebungen oder vollflächige Verbünde aufweisen, bei Neubauten nicht mehr einzusetzen. Anstelle dessen sollen lösbare Verbindungen, speziell punktförmige Verbünde oder maximal streifenförmige Verbünde vorgesehen werden.

#### **3.2.6.5 Vermeidung von Verpackungsmaterial**

Verpackungsmaterialien spielen auch im Bereich der Baumaterialien eine große Rolle. Der Eintrag von Verpackungsmaterialien in fraktionsfremde Sammelbehälter (z. B. Kraftpapiersäcke und Wickelfolien in Mulden für mineralische Baurestmassen) lässt sich kaum vermeiden. Gerade bei witterungsfesten Baumaterialien sind aufwändige Verpackungen oftmals nicht notwendig.

Ein verstärkter Einsatz von Mehrweggebinden und -systemen bei Baustoffen wie z. B. Silos, Mehrwegbehälter, Mehrwegpaletten usw. kann beachtliche Mengen von Kunststoffverpackungen einsparen. In vielen Fällen kann auf den Einsatz von Verpackungen überhaupt verzichtet werden (z. B. Materialanlieferungen ohne Folienverpackung, Transport von Großlieferung ohne zusätzliche Transportverpackungen).

#### **3.2.6.6 Abfallkonzept**

Wichtigstes Instrument der Planung der Baustellenentsorgung ist die Erarbeitung eines bauprojektspezifischen Abfallkonzeptes, um bereits im Vorfeld einer Baumaßnahme das Bewusstsein über die zu erwartenden Abfälle zu schärfen. Basis des Abfallkonzeptes ist eine qualitative und quantitative Abschätzung des Abfallaufkommens. In Abhängigkeit von der Größe der Baustelle bzw. des Umfangs der Baumaßnahme kann mittels eines Abfallkonzeptes im Vorfeld der Bedarf an Sammelbehältern zur Erfassung von möglichst sortenreinen Fraktionen und die zugehörige Zwischenlagerung, Logistik und kostengünstigste Entsorgung bzw. Verwertung geplant werden. Zu Baubeginn sind die am Bauprojekt vor Ort beteiligten Mitarbeiter des Unternehmens und die Bauleitung der Subunternehmer in das Konzept einzuweisen. Gerade die Bauausführenden können manchmal wichtige Tipps über praxisnahe Lösungen für den Baustellenbetrieb geben. Die Schlüsselposition für die Umsetzung der Maßnahmen auf der Baustelle nimmt schließlich der Verantwortliche vor Ort ein.

Ein Handbuch für die Erstellung eines Abfallwirtschaftskonzeptes auf Großbaustellen wurde vom BMLFUW herausgegeben (BMLFUW 2004). Es enthält unter anderem Vorschläge, was bei der getrennten Sammlung zu beachten ist und wie Vermeidungs- bzw. Verwendungsmöglichkeiten geprüft werden können.

#### **3.2.6.7 Rücknahmeverpflichtungen**

In einigen Bereichen können Rücknahmeverpflichtungen der Produzenten dazu helfen, Stoffkreisläufe zu schaffen (z. B. Gipsprodukte, Kunststoffprodukte). Dies gilt vorwiegend für neues, sauberes Verschnittmaterial, weniger für bei Abbrüchen anfallende Fraktionen.



Ziel muss es sein, Baustoffe so lange wie möglich im Kreislauf zu führen und den Primärstoffanteil, der in die Kreisläufe einfließt, zu minimieren.

### **3.2.6.8 Dokumentation über eingesetzte Materialien**

Im Zuge einer Abrissmaßnahme ist die Zusammensetzung der Baumaterialien von Bauwerken älteren Datums oft nicht mehr bekannt. Eine optisch oder olfaktorisch nicht feststellbare Kontamination einzelner Baumaterialien (z. B. Altholz) kann dazu führen, dass Baustellenabfälle eine Senke für toxische oder umweltgefährdende Materialien darstellen.

Für die im Zuge einer Neuerrichtung eines Bauwerkes eingesetzten Baumaterialien – inkl. Erläuterungen zu umweltgefährdenden Stoffen in den Baumaterialien – könnte eine Dokumentation erstellt werden, die zu archivieren ist (ähnlich den Bau- und Ausführungsplänen). Zum Zeitpunkt des Abrisses – der in der Regel Jahrzehnte nach der Errichtung liegt – würde gegenständliche Dokumentation hilfreiche Hinweise für die Erstellung eines Entsorgungsplanes liefern. Die Dokumentation wäre notwendigerweise mit jeder Umbaumaßnahme zu aktualisieren.

### **3.2.6.9 Vorgaben zum Rückbau bereits in der Planung und Bauausführung von Neubauten**

Im Jahr 2004 wurde ein Katalog zur „Bewertung gängiger Konstruktionen und Baustoffe“ sowie eine Beispielsammlung zu „Flexibel und demontabel Bauen“ erstellt (FECHNER et al. 2004a). Beide stellen Vorgaben zum Rückbau dar, die bereits in der Planung und Bauausführung implementiert werden sollen. Diese Vorgaben wurden als detaillierte Kriterien für die Wiener Bauträgerwettbewerbe sowie in Form eines Pflichtenheftes für die (öffentliche) Vergabe von Bau- und Planungsleistungen ausgearbeitet. Die Vorgaben sollen in die bestehenden Kriterien des Grundstücksbeirates des Wiener Bodenbereitstellungsfonds (WBSF) eingebaut werden. Da sich in Wien alle geförderten Bauvorhaben diesem Wettbewerb unterziehen müssen, besteht die Chance der raschen Wirksamkeit.

Der Katalog „Bewertung gängiger Konstruktionen und Baustoffe“ soll Planern eine Grundlage zur Beurteilung und Optimierung von Gebäuden im Hinblick auf ihre Rückbaubarkeit und Entsorgung bieten. Anhand eines Punktesystems kann die ökologische Qualität von Konstruktionen und Baustoffen bewertet werden. Folgende Kriterien werden mit dieser Methode bewertet: Nutzungsdauer, Trennbarkeit, Wiederverwendung, Verwertung und Beseitigung (1 = ungünstig; 5 = sehr günstig).

### **3.2.6.10 Planungsseitige und ausführungseitige Maßnahmen nach Gebäudeteilen und bei der Baustelleneinrichtung**

In Tab. 14 werden Maßnahmen zur Abfallvermeidung bei der Errichtung eines Gebäudes für die einzelnen Gebäudeteile beschrieben (LIPSMEIER 2004). Das Abfallvermeidungspotenzial wird bei Umsetzung aller dort vorgestellten Maßnahmen auf 29,3 % für Wohngebäude und auf 36,6 % für Bürogebäude geschätzt (siehe

Abb. 16). Der größte Anteil vermeidbarer Baustellenabfälle entfällt dabei auf den möglichen Mehrwegeinsatz von Verpackungen. Allein durch die konsequente Rücknahme und den Wiedereinsatz von Mehrweg-Transportpaletten sollten sich zwischen 16 und 25,6 % der Baustellenabfälle vermeiden lassen.

Der höhere Vermeidungsanteil beim Bürogebäude ist durch die Möglichkeit gegeben, das Holz aus der Zuschalung bei der Herstellung der Stahlbeton-Tragkonstruktion weiter zu verwenden. Durch diese Maßnahme lässt sich das Abfallaufkommen um bis zu 9,9 % verringern. Eine weitere Reduzierung von Baustellenabfällen wird durch die Durchbruchplanung bei der Haustechnikleistung und die Wiederverwendung des Holzes für die Schachtbühnen bei der Errichtung von Aufzugsanlagen (Einsparung 1,4 Masse- %) erzielt. Eine abfallarme Planung und Ausführung der Baustelleneinrichtung kann bis zu 10 Masse- % zu einer Abfallreduzierung beitragen (LIPSMEIER 2004).

Tab. 14: Planungsseitige und ausführungseitige Maßnahmen zur Vermeidung von Baustellenabfällen bei der Errichtung neuer Gebäude nach Gebäudeteilen und bei der Baustelleneinrichtung (LIPSMEIER 2004).

<b>Fundamente</b>
<p>Für die Herstellung von Fundamenten werden im Regelfall Beton und Bewehrungsstahl verwendet. Der Stahlbeton stellt einen Verbundstoff mit guten Druck- und Zugeigenschaften dar. Aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist die Verwendung der Stoffe unbedenklich. Sie sind recyclebar und nach dem Rückbau mit Hilfe von Backenbrechern gut voneinander zu trennen. Für die Formgebung des beim Einbau flüssigen Betons wird das Fundament mit Holz eingeschalt.</p> <p>Baustellenabfälle fallen bei der Herstellung von Fundamenten in der Regel nach dem Betonvorgang in Form von überzähligem Restbeton in den eingesetzten Fahrzeugen (Betonpumpe und Betonmischer) an und als gebrauchtes Schalholz.</p> <p>Der Anfall von Restbeton auf der Baustelle lässt sich generell dadurch vermeiden, dass die Transportfahrzeuge mögliche Reste zur Mischanlage zurücknehmen und dort erst den Reinigungsvorgang der Mischtrommel vornehmen. Der Restbeton kann hier sortenrein einer Aufbereitung und Verwertung zugeführt werden.</p> <p>Der Anfall von Schalholz lässt sich durch den Einsatz von wieder verwendbaren Elementschalungen vermeiden. Entscheidend ist eine einfache Geometrie des Fundamentes sowie einheitliche Maße bei Einzelfundamenten, die den mehrfachen Einsatz von Elementschalungen erst wirtschaftlich machen. Zur Aussteifung der Schalflächen werden Kanthölzer (unbehandeltes Holz) eingesetzt, die aufgrund eines brauchbaren Längenmaßes (&gt; 2 m) im Regelfall zur Weiterverwendung eingesetzt werden können.</p> <p>Bewehrungsreste sind, wenn sie nicht in das Bewehrungsgerüst des Fundamentes eingelegt werden können, als Bauschrott zu nutzen.</p>
<b>Stahlbeton-Wandkonstruktionen in Ortbetonbauweise</b>
<p>Die bei der Baukonstruktionsherstellung anfallenden Baustellenabfälle lassen sich folgenden Gruppen zuordnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Beim Arbeitsprozess anfallende Abfälle (Beton, Baustahl)</li> <li>● Abfälle der eingesetzten Bauhilfskonstruktionen (Schalungsmaterial, Schutzabdeckungen)</li> </ul> <p>Der beim Arbeitsprozess anfallende Betonabfall entsteht bei gewollter Unterbrechung des Betonierens aus der Notwendigkeit, vorgegebene Bauabschnitte in Schicht- und Tagesleistung zu unterteilen. Da die entstehenden Arbeitsfugen stets technische Schwachstellen im Gebäude sind (dort treten vermehrt Risse und Undichtigkeiten auf) werden die Fugen durch Frischbeton geschlossen. Dabei fallen Reste des Frischbetons an.</p> <p>Bewehrungsstahl fällt bei sorgfältiger Disposition nur in geringen Mengen – bei Planungsänderungen oder Fehlplanungen vermehrt – als Abfall an.</p> <p>Die größte Masse der Baustellenabfälle bei der Ortbetonkonstruktion stammt vom Schalungsmaterial.</p>



Für die Hauptwandflächen werden Schalungselemente eingesetzt, die sich wieder verwenden lassen. Lediglich die Schalhaut muss nach ca. 50 Einsätzen ausgewechselt werden.

Für Restflächen um und zwischen Stützen sowie für Fenster- und Tordurchbrüche kommt die Zuschalung zur Anwendung. Diese besteht aus Schalungsplatten (aus beidseitig mit Phenolharz beschichtetem verleimtem Filmsperrholz) und Kanthölzern (unbehandeltes Naturholz) zur Aussteifung der Schalungskonstruktion. Je m<sup>2</sup> Zuschalung werden ca. 34 kg an Kantholz eingesetzt. Schalungsplatten und Kanthölzer werden in der Regel nicht mehr als ein bis dreimal verwendet.

#### **Tragwerkskonstruktionen in Mauerwerksbauweise**

Mauerwerksabfälle lassen sich durch eine entsprechende Auswahl hochqualitativer Steine, die Vereinbarung der Rücknahme der Holzpaletten und durch sorgfältige Bauausführung vermeiden. Auf materialschonenden Transport, auf den Einsatz beschädigter Steine für verputztes Mauerwerk und auf eine möglichst genaue Abstimmung der Anliefermenge von Werkfrischmörtel auf den arbeitstägigen Verbrauch ist zu achten.

#### **Trennwände in Trockenbauweise**

Bei der Errichtung von Trennwänden haben Verschnittreste der eingesetzten Baustoffe Gipskarton, Metall und Mineralwolle den größten Einfluss auf die anfallenden Abfallmengen. Daneben fallen Folienverpackungen aus den Umverpackungen der Mineralwolle und Metallbänder als Transportsicherungen der Gipskartonplatten an.

Planungsseitig kann der Einsatz von maßgeschneiderten, raumhohen Platten den Verschnittabfall vermeiden. Auch die Anpassung von Plattenformat und Raumstruktur lässt eine Reduzierung von Gipsabfällen erwarten. Zur Vermeidung eines nachträglichen Öffnens von bereits fertig gestellten Trockenbauwänden ist das Schließen der Wand insbesondere mit den Leistungen der technischen Gebäudeausrüstung zu koordinieren. Das Einlegen von Leerrohren ermöglicht beispielsweise eine zerstörungsfreie Verlegung von Elektroleitungen in der Wand im Falle von Nutzungs- und Planungsänderungen.

Ausführungsseitig ist auf eine witterungsgeschützte Lagerung der Gipskartonplatten und eine strikte Trennung von Abfall und Material zu achten.

#### **Wandbekleidungen/Fassaden**

Aufgrund der Entwicklung neuer Baustoffe und Bekleidungselemente findet ein deutlicher Wandel von der ehemals dicken Außenwand zur mehrschichtigen, leichten Wand statt. Für die Abfallwirtschaft bedeutet diese Entwicklung:

- Steigende Anforderungen an die Trennleistung von Sortieranlagen.
- Einen Rückgang des Anteils mineralischer Sekundärrohstoffe hoher Dichte.
- Einen erhöhten Demontageaufwand beim zukünftigen Rückbau.

Als Wandbekleidungsmaterial kommen organische, anorganische und/oder mineralische Stoffe im Platten- oder Bretterformat oder als Sackware zum Einsatz. Die Materialien werden als Monoschicht oder im Verbund auf der Wandfläche befestigt. Zur Befestigung werden mechanische Befestigungen oder Klebstoffe eingesetzt.

Baupraxisrelevante Abfallvermeidungsmöglichkeiten bestehen in erster Linie in einem sorgsamem Umgang mit den Baustoffen, einer vorausschauenden Disposition und Konfektionierung der zu verarbeitenden Materialien und der zeitlichen Koordination der verschiedenen Liefer- und Ausführungsfirmer. Dies betrifft vor allem die Disposition von Werkvorputz oder Baustellenfrischputz. Um Anlieferung und Verarbeitung zu entkoppeln, werden zunehmend Werk trockenputze eingesetzt, die auf der Baustelle in Silos zwischengelagert werden können. Auch ein sorgfältiger Umgang mit stoßempfindlichen Klinkersteinen kann wesentlich zu einer Verminderung des Abfallaufkommens beitragen.

<p>Bei der Verwendung von Natursteinen als Fassadenmaterial wird – wegen der hohen Materialkosten – angenommen, dass dieser Baustoff bereits sehr sorgsam genutzt wird.</p>
<p><b>Massivdecken</b></p>
<p>Das mit der Errichtung einer Massivdecke verbundene Aufkommen an Baustellenabfällen wird vordergründig durch die Bauweise bestimmt. Massivdecken in Ortbetonbauweise erfordern eine abfallintensive Deckenschalung. Auch wenn bei der Deckenschalung sehr rationale Elementschalungssysteme (z. B. Tischselungen) zum Einsatz kommen, so sind doch im Regelfall zahlreiche Deckendurchbrüche sowie passgenaue Randschalungen mit Zuschalungen herzustellen. Auch ist der Betoneinbau auf der Baustelle wie bei den Stahlbetonwandkonstruktionen in Ortbetonbauweise mit entsprechendem Restbetonanfall verbunden.</p>
<p><b>Deckenunterkonstruktionen, Fußbodenkonstruktionen und Bodenbeläge</b></p>
<p>Aus dem mehrschaligen Aufbau einer Decke geht hervor, dass die Deckenkonstruktion zur Komplettierung der Rohdecke durch Deckenunterkonstruktion, Fußbodenkonstruktion und allenfalls Fußbodenbelag aus abfallwirtschaftlicher Sicht problematisch sein kann. Der heterogene Aufbau stellt hohe Anforderungen an die Getrenntfassung im Baustellenbetrieb und an die Koordination der beteiligten Baufirmen.</p> <p>Baupraxisrelevante Abfallvermeidungsmöglichkeiten bestehen in erster Linie in einem sorgsamem Umgang mit den Baustoffen und einer vorausschauenden Disposition und Konfektionierung des zu verarbeitenden Materials.</p>
<p><b>Technische Gebäudeausrüstung (TGA)</b></p>
<p>Zur TGA zählen sämtliche Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen eines Bauwerks. Die frühzeitige Planung von Durchbrüchen für Rohre und Kanäle und der Einbau von Leerrohren können sowohl in der Errichtungsphase als auch bei Umbauten wesentlich zu einer Verringerung des Aufkommens an Baustellenabfällen beitragen.</p> <p>Maßgeblich wird das durch die TGA verursachte Abfallaufkommen auch durch den Verpackungseinsatz beeinflusst, da die hochwertigen Anlagenelemente durch einen intensiven Verpackungseinsatz geschützt sind. Dies trifft beispielsweise auf komplett vorgefertigte Bäder für Hotelzimmer (so genannte Nasszellen) zu. Die Anlagenteile bleiben bis zu ihrem endgültigen Einsatz zum Schutz vor Beschädigungen in ihren Verpackungen gelagert. Eine direkte Rücknahme der Verpackungen durch den Lieferanten entfällt somit. Eine spätere Rückführung für einen möglichen Wiedereinsatz ist aufgrund der meist langen Transportwege unwirtschaftlich.</p> <p>Somit beschränkt sich die Vermeidung von Verpackungsabfällen im Wesentlichen auf den Wiedereinsatz von Transportpaletten und Kabeltrommeln im Rahmen eines Pfandsystems. Bei Aufzugsanlagen und Bauhilfskonstruktionen wie zum Beispiel Schachtbühnen ist hingegen eine Wiederverwendung der Hölzer (hochwertige Bohlen und Kanthölzer) möglich, wobei das Holz aufgrund von Abnutzungserscheinungen maximal 3-mal eingesetzt werden kann.</p>
<p><b>Bitumen als Material zur Bauwerksabdichtung</b></p>
<p>Bis vor kurzem galten Bitumenabfälle als nicht recyclebar, da die Aufarbeitung der Stoffe mit hohem verfahrenstechnischem Aufwand verbunden schien. Bitumenabfälle wurden aufgrund ihres hohen Heizwertes vorrangig als Sekundärbrennstoff energetisch verwertet.</p> <p>Ein Recycling der Bitumenabfälle ist mit einem zweistufigen Verfahren möglich. Nach einer Vorzerkleinerung im festen Zustand wird das Granulat im heißflüssigen Zustand geschmolzen und aufgeschlossen. Zur Lagerung und für den Transport wird das heiße Recyclat in Blöcke gegossen. Produkte, die aus dem Bitumenrecyclat hergestellt werden sind z. B. Fugenvergussmassen, Bautenschutzmatte sowie Tritt- oder Körperschalldämmungen mit</p>



Recyclatanteilen bis zu 95 %.
<b>Baustelleneinrichtungen (BE)</b>
<p>Das Abfallaufkommen aus Baustelleneinrichtungen (BE) hängt stark von den Baustellenverhältnissen ab. So kann Abfall vermieden werden, wenn beispielsweise als Kranfundament oder als Fundament für die Tagesunterkunftcontaineranlage ein Teil des Fundamentes des zu errichtenden Bauwerks genutzt werden kann.</p> <p>Für den Winterschutz gibt es abfallarme Bauhilfskonstruktionen wie zum Beispiel wieder verwendbare Schnellbaumontagewände aus einem Teleskoprahmen und einer Folien-/Dämmmaterialbespannung. Auch zu 100 % wieder einsetzbare Absturzsicherungen sind am Markt zu finden.</p>
<b>Fenster und Türen</b>
Fenster- und Türen bestehen im Regelfall aus Verbundkonstruktionen mit stoßempfindlichen Kanten und Beschichtungen. Sie sind deshalb meist intensiv verpackt.

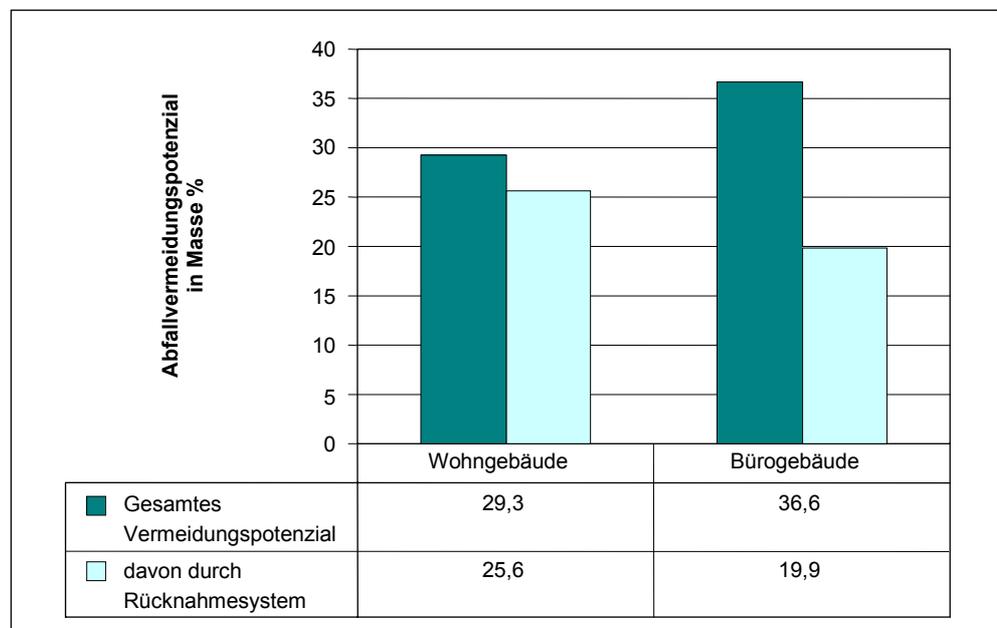


Abb. 16: Vermeidungspotenzial für Baustellenabfälle bei der Errichtung von Gebäuden mit hohem Ausstattungsgrad (aus LIPSMEIER 2004).

### 3.2.7 Resümee

Die wirksamste Methode zur Vermeidung von Baumischabfällen ist die konsequente Trennung an der Anfallstelle. Eine praxiserprobte Lösung ist die Errichtung einer Sortierinsel, die entsprechend den räumlichen Gegebenheiten auf der Baustelle anzupassen ist.

### 3.3 Straßenaufbruch

#### 3.3.1 Begriffsbestimmung und Zusammensetzung

Als Straßenaufbruch (SN 31410) werden Baurestmassen aus der baulichen Erhaltung, Verstärkung, dem Rückbau, dem Abbruch und dem Ersatz von Verkehrsflächen bezeichnet. Dabei handelt es sich überwiegend um das Material der Trag- und Deckschichten, welches bituminös gebunden (Altasphalt), hydraulisch gebunden (Beton, Stahlbeton), emulsionsstabilisiert, hydraulisch stabilisiert oder wasser-gebunden (= „ungebunden“) sein kann.

Für den Unterbau (Dammkörper) und gegebenenfalls auch den verbesserten Untergrund wurde in vielen Fällen natürlich gewachsenes Erd- und Gesteinsmaterial verwendet, welches im Abfallregime den Schlüsselnummern SN 31441 (Bodenaushub) bzw. SN 31409 (mineralischer Bauschutt) zugeordnet wird (UMWELTBUNDESAMT 1995).

Die hier verwendeten Begriffe für den Aufbau von Straßen sind in Abb. 17 dargestellt.

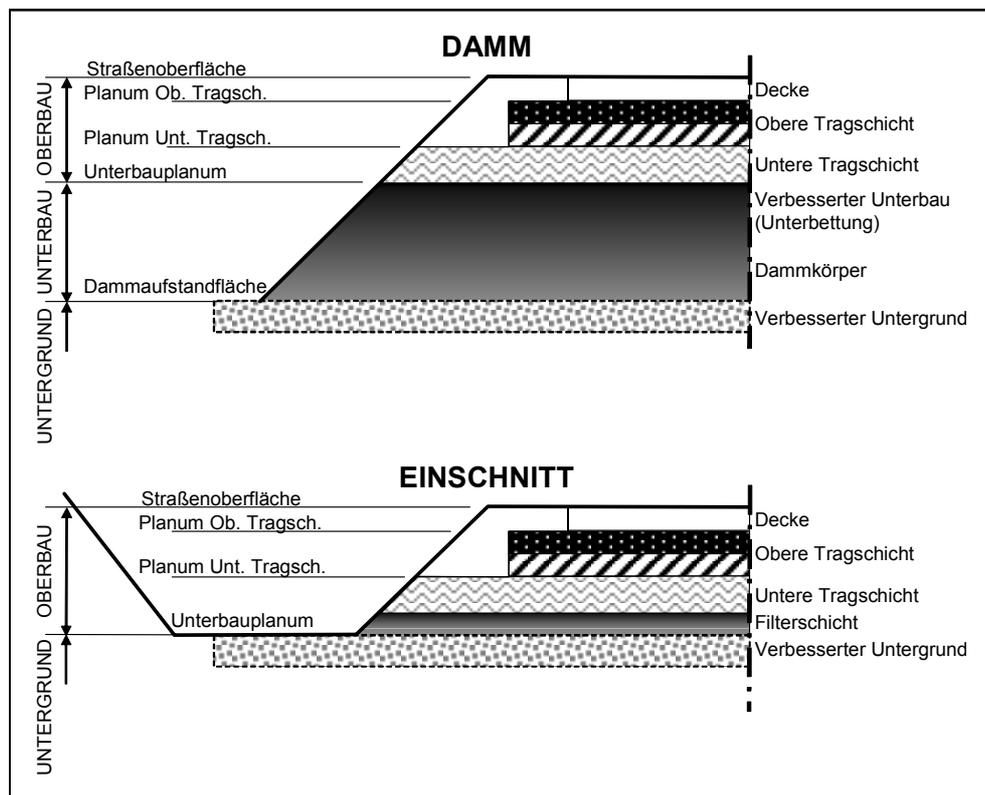


Abb. 17: Straßenbautechnische Grundbegriffe am Beispiel von Straßenquerschnitten (UMWELTBUNDESAMT 1995).

Straßenaufbruch setzt sich primär aus den Bestandteilen

- Altasphalt und
  - (Straßen)-Betonabbruch zusammen;
- in geringeren Mengen fallen weiters an:
- Rand- und Pflastersteine
  - Leitungen und Rohre (z. B. Kunststoffrohre)



- Altmetalle (z. B. Leitplanken)
- Sand, Kies und Schotter aus Unterbau und Tragschichten
- Teergebundene (pechgebundene) Straßenbaustoffe“ (UMWELTBUNDESAMT 1995).

Asphalt ist ein „natürlich vorkommendes oder technisch hergestelltes Gemisch aus Bitumen oder bitumenhaltigen Bindemitteln und Mineralstoffen sowie gegebenenfalls weiteren Zuschlägen und/oder Zusätzen“ (UMWELTBUNDESAMT 1995). In älteren Asphalten (vor 1975) wurde an Stelle des Bitumens zum Teil auch Steinkohlenteer als Bindemittel eingesetzt. Die Dichte von Asphalt liegt bei 2.300 bis 2.600 kg/m<sup>3</sup>.

Der Anteil des Bitumens am Asphalt beträgt meist zwischen 3,8 und 4,3 %.

Bitumen ist ein schwerflüchtiges dunkelfarbiges Gemisch verschiedener organischer Substanzen aus der Aufarbeitung geeigneter Erdöle. Es besteht aus Dispersionsmitteln (niedermolekulare, ölige Stoffe), Erdölharzen (feste, schmelzbare Stoffe) und Asphaltene (hochmolekulare, unlösliche Stoffe). Zur Anhebung des Erweichungspunktes und zur Erweiterung der Plastizitätsspanne werden dem Bitumen ca. 3–5 % an Thermoplasten oder Elastomeren oder synthetische Harze beigemischt. Weiters können Mischöle (zur Erhöhung des Mineralölanteils), Gummimehl oder Faserzusätze wie Glasfasern, Zellulose oder Mineralfasern beigegeben werden. Durch diese Zusätze wird die Verarbeitbarkeit des Bitumens erleichtert, die Gefahr der Bildung von Spurrinnen in der heißen Jahreszeit sinkt und die Lebensdauer der Asphaltdecke steigt.

Das im Altasphalt enthaltene Bitumen gilt prinzipiell als „reaktivierbar“. Nach schonendem Erhitzen können die ursprünglich vorhandenen Bindemittleigenschaften zum Bau neuer Straßendecken wieder genutzt werden. Eine Einschränkung des Recyclings von Altasphalt ergibt sich daraus, dass Bitumen durch Reaktionen mit Luft-sauerstoff und durch langsame Auswaschvorgänge „altert“, das heißt versprödet. Daher ist es zweckmäßig, beim Heißrecycling dem Mischgut stets auch frisches Bitumen und eventuell auch Mischöl zuzugeben (UMWELTBUNDESAMT 1995).

Als Mineralstoff im Asphalt wird häufig der Naturstoff Diabas verwendet. Daneben kann auch die Schlacke aus dem LD-Verfahren der Stahlerzeugung verwendet werden. Hochofenschlacke ist wegen ihrer Porosität und Saugfähigkeit als Straßenbaustoff nicht geeignet. In jedem Fall ist der Transport von Mineralstoffen nur über kurze Entfernungen wirtschaftlich (UMWELTBUNDESAMT 1995).

### 3.3.2 Ort der Entstehung

*„Das starke Verkehrsaufkommen im Transit- und Tourismusland Österreich führt häufig zu Verschleißerscheinungen und Fahrbahnschäden. ... Es können Risse, Spurrillen, Setzungen, Verformungen und andere Unebenheiten, mangelnde Griffigkeit oder sonstige Schäden entstehen“* (UMWELTBUNDESAMT 1995). Zur Beseitigung der Schäden sind bauliche Straßenerhaltungsmaßnahmen notwendig. Ein Teil der dabei anfallenden Materialien kann nicht mehr neuerlich eingebaut werden und gelangt als „Straßenaufbruch“ ins Abfallregime. Eine weitere Quelle für Straßenaufbruch ist der Rückbau oder vollständige Abbruch von Verkehrsflächen.

### 3.3.3 Schadstoffe im Straßenaufbruch

Untersuchungen mit verschiedenen Fraktionen von Straßenaufbrüchen haben gezeigt (GRECH et al. 2003), dass bei Straßenbaumaterialien die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) die primären Problemstoffe sind (siehe Tab. 15). Tab. 16 zeigt, dass Bitumen gering bis mittel, das in früheren (vor 1975) Asphalten auch verwendete Steinkohlenteerpech hingegen sehr hoch mit PAK belastet ist.

Was das Eluatverhalten der Fraktionen des Straßenaufbruchs betrifft, so sollten folgende Parameter vor einer Nutzung als Recyclingbaustoff kontrolliert werden:

- pH-Wert
- Elektrische Leitfähigkeit
- Chrom
- Kupfer
- Ammonium
- Nitrit
- Sulfat
- Summe der Kohlenwasserstoffe.

Tab. 15: Vergleich der Analyseergebnisse von Recycling-Baustoffen und Primärbaustoffen (GRECH et al. 2003).

	Recycling-Baustoffe aus Straßenaufbruch			Primärbaustoff	
	Min.	Med.	Max.	Beton	Asphalt
	<b>Gesamtgehalte in mg/kg TS</b>				
Al	2.910	4.700	7.680	27.000	1.645
Ba	22	40	83	220	< 10
Pb	3,9	5,6	23,3	5,5	< 15
Cd	0,07	0,08	0,15	0,21	< 0,4
Cr	8	14	27	51	93
Co	13	17	35	19	6
Cu	< 8	8,6	34	35	6,1
Ni	7	14	29	38	143
Hg	0,01	0,04	0,1	< 0,02	0,009
Zn	16	21	62	83	< 40
Σ KW	< 30	760	3.000	n.n. <sup>4)</sup>	3280
Σ 6 PCB	0	0,001	0,706	-	-
Σ PAK (EPA)	3,37	5,99	28	0,0099	0,256



## Baurestmassen – Beschreibung der Abfallströme

	Recycling-Baustoffe aus Straßenaufbruch			Primärbaustoff	
	Min.	Med.	Max.	Beton	Asphalt
	<b>Eluatgehalte in mg/kg TS (elektr. Leitf. in mS/m)</b>				
elektr. Leitf.	10,4	50,6	132	872	133
Al	2,4	8,2	23,9	0,95	0,3
Ba	< 0,25	< 0,25	0,38	9,5	< 0,75
Pb	n.n. <sup>2)</sup>	n.n. <sup>2)</sup>	n.n. <sup>2)</sup>	0,09	0,02
Cd	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	n.n. <sup>1)</sup>	< 0,001	< 0,001
Cr	< 0,05	0,15	0,27	0,02	0,01
Co	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,025	< 0,025
Cu	< 0,1	< 0,1	0,24	0,08	0,04
Ni	n.n. <sup>2)</sup>	n.n. <sup>2)</sup>	n.n. <sup>2)</sup>	< 0,025	< 0,025
Hg	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001
Zn	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,74	0,39
Sulfat	105,2	317	2.721	93	3,16
Phenolindex	n.n. <sup>3)</sup>	n.n. <sup>3)</sup>	n.n. <sup>3)</sup>	n.n. <sup>2)</sup>	n.n. <sup>2)</sup>
Σ PAK (EPA)	0,0027	0,019	0,67	0,043	0,0019

n.n.<sup>1)</sup>: Nachweisgrenze = 0,005 mg/kg

n.n.<sup>2)</sup>: Nachweisgrenze = 0,05 mg/kg

n.n.<sup>3)</sup>: Nachweisgrenze = 0,5 mg/kg

n.n.<sup>4)</sup>: Nachweisgrenze = 15 mg/kg

Tab. 16: PAK in Bitumen und Steinkohlenteerpech (UMWELTBUNDESAMT 1995).

PAK – einzelne Verbindung	Formel	Gehalt im Bitumen (5 Proben) in mg/kg	Gehalt in Steinkohlenteerpech in mg/kg	
			Probe I	Probe II
Anthracen*	C14H10	-	8.600	10.000
Phenanthren*	C14H10	0,4 bis 35	31.000	29.000
Pyren	C16H10	0,08 bis 38	20.000	29.000
Fluoranthren	C16H10	0 bis 5	40.000	43.000
Benzo(a)anthracen	C18H12	0,7 bis 35	8.900	12.500
Chrysen	C18H12	0,04 bis 34	7.400	10.000
Benzo(a)pyren	C20H12	0,5 bis 27**	8.400	12.500
Benzo(e)pyren	C20H12	3,2 bis 52	5.400	7.000
Benzo(l)fluoranthren	C20H12	Spuren	7.100	9.000
Perylen	C20H12	3 bis 39	2.000	3.300
Benzo(ghi)perylen	C22H12	1,7 bis 15	3.200	3.300
Indeno(1,2,3-cd)pyren	C22H12	Spuren	7.300	9.300

\*inklusive Alkylderivate

\*\* Bitumen enthält meistens nur wenige ppm Benzo(a)pyren

## Eigenschaften der PAK

PAK sind eine Gruppe von mehr als 500 Substanzen. Sie sind aus zwei oder mehreren kondensierten sechs-, teilweise auch fünfgliedrigen aromatischen Ringen aufgebaut und enthalten ausschließlich Kohlen- und Wasserstoffatome im Molekül. Einige Beispiele sind in Abb. 18 wiedergegeben.

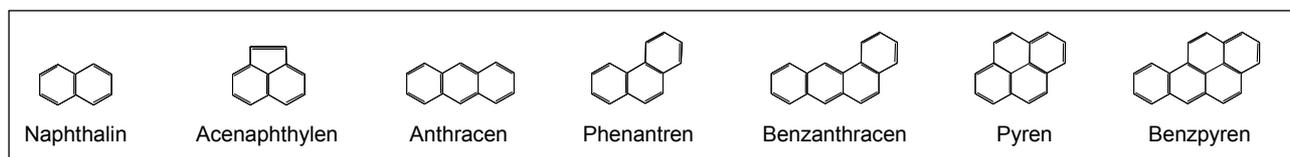


Abb. 18: Strukturformel einiger polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK).

PAK sind durch das Fehlen von polaren Gruppen ausgeprägt fettlöslich und hydrophob. Die meisten PAK sind bei Raumtemperatur fest. PAK mit mehreren aromatischen Ringen weisen eine hohe Bioakkumulationstendenz auf, während PAK mit wenigen Ringen etwas wasserlöslich, flüchtig und leichter biologisch abbaubar sind. In der Luft treten PAK entweder gasförmig auf oder sind an Staub- oder Aerosolteilchen gebunden.

In Tierversuchen wurde nachgewiesen, dass manche PAK mutagen und karzinogen wirken. Bei Arbeitern, die erhöhten PAK-Konzentrationen ausgesetzt waren, wurde eine erhöhte Lungen- und Hautkrebsrate festgestellt (EARTHWATCH 1992). Gesichert krebsverursachend sind unter anderen Benzo(a)pyren, Benzofluoranthen und Benzo(a)anthracen (GRECH et al. 2003). Die karzinogene Wirkung kommt davon, dass Benzpyren zu einem Epoxid metabolisiert wird, welches mit der DNS reagiert und daher die Erbinformation der Zelle ändert (UMWELTBUNDESAMT 1999).

### 3.3.4 Verwertung

Der Österreichische Baustoff-Recycling Verband definiert folgende Recycling-Baustoffe aus dem Straßenbau:

- RA = Recycliertes gebrochenes Asphaltgranulat
- RB = Recycliertes gebrochenes Betongranulat
- RAB = Recycliertes gebrochenes Asphalt/Beton Mischgranulat
- RM = Recycliertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton und/oder Asphalt und natürlichem Gestein.

Grundsätzlich wird Straßenaufbruch – soweit es wirtschaftlich ist – recycled. Nicht in jedem Fall werden die ausgebauten Straßen-Bauelemente, selbst nach Aufbereitung, den Primärbaustoffen qualitativ gleichwertig sein. In solchen Fällen wird der Straßenaufbruch im Sinne einer Verwertungskaskade oft dort verwendet, wo geringere materialtechnische Anforderungen bestehen (Downcycling). Altasphalt wird daher eher bei der Errichtung von Tragschichten bzw. im Unterbau verwendet als in Deckschichten.

Für die Verwertung des Altasphaltes gibt es im Wesentlichen drei Verfahren (siehe Abb. 19):

- Beim „In-Place-Heißverfahren“ wird die Asphaltdecke bis zu einer Tiefe von ca. 8 cm aufgeheizt, abgefräst, der Altasphalt allenfalls mit Neumaterial gemischt, neu auf der Tragschicht aufgebracht und verdichtet.

- Beim Heißrecycling in Asphaltmischanlagen wird Altasphalt bzw. Asphaltgranulat dem Neuasphalt zugemischt. Dabei ist die maximale Zugabemenge vom Wassergehalt und der Qualität des Altasphalts limitiert. Angaben für die maximale Zugabe schwanken zwischen 12 und 60 % (UMWELTBUNDESAMT 1995).
- Bei der kalten Verwertung wird der Altasphalt in Form von Fräsasphalt und/oder zerkleinertem Asphaltgranulat vor allem im Unterbau als ungebundener Baustoff oder mit einer Bitumenemulsion bzw. mit Zement stabilisiert wieder eingesetzt.

Bei weitem der bedeutendste Verwertungsweg in Österreich ist die kalte Verwertung. Damit werden 70 bis 90 % des Straßenaufbruchs behandelt.

Es wird geschätzt, dass nur 2 bis 10 % des Altasphaltenfalles deponiert wird, das ist jener Anteil, der aufgrund von besonderen örtlichen Gegebenheiten des Straßenaufbaues oder durch die Unzugänglichkeit beim Aufbruch zwangsweise nicht sortenrein gewonnen werden kann. Als Ausgangsmaterial für die Verwertung in Straßenkonstruktionen ist Altasphalt nämlich nur geeignet, wenn er weitgehend frei von anhaftendem Material der darunter liegenden, ungebundenen Schicht ist (UMWELTBUNDESAMT 1995).

Überdies werden Freilandstraßen fast immer im „Hocheinbau“ saniert, das heißt wenn sich der Straßenaufbau als nicht mehr ausreichend tragfähig erweist, wird er nicht entfernt, sondern als Teil des neuen Straßenaufbaus verwendet. Neue Trag- und Deckschichten werden oberhalb der bestehenden alten Straßen errichtet. Beim Hocheinbau fällt in der Regel kein Altasphalt an (UMWELTBUNDESAMT 1995). Dies und die Entwicklung standfesterer Fahrbahnbeläge mag der Grund dafür sein, dass die Masse an jährlich anfallendem Straßenaufbruch trotz Verkehrszunahme im Abnehmen begriffen ist (siehe Tab. 3).

Insgesamt wird kein Potenzial zur Erhöhung der Verwertungsquote, jedoch ein großes Potenzial für die Erhöhung der Verwertungsqualität durch die Anwendung von Heißrecycling an Stelle der kalten Verwertung gesehen.

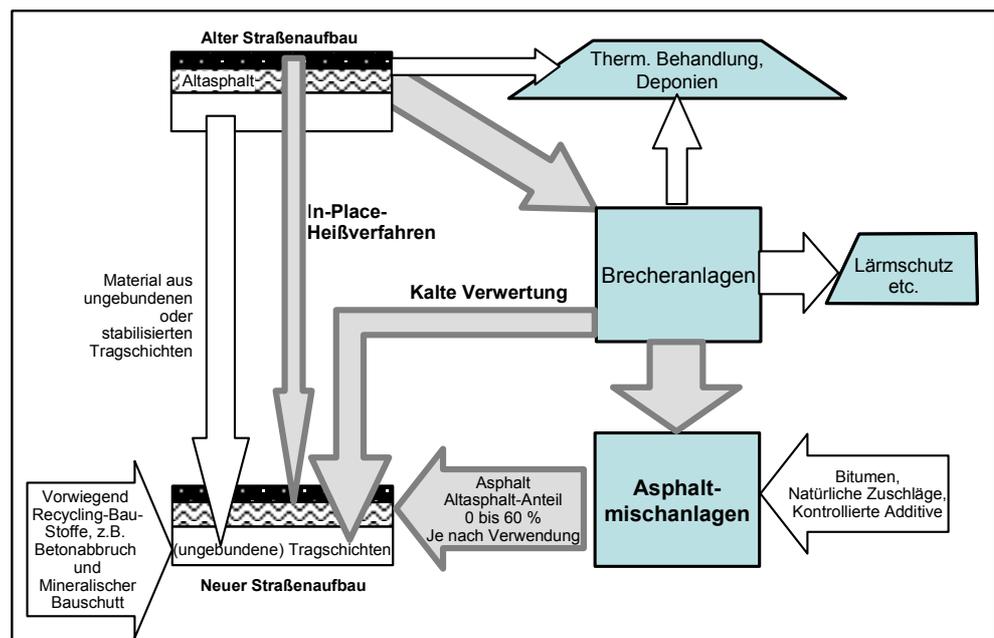


Abb. 19: Verwertung und Entsorgung von Asphalt (nach UMWELTBUNDESAMT 1995).

### 3.3.5 Vermeidungsmaßnahmen

Als Vermeidungsmaßnahmen wurden u. a. angeführt (UMWELTBUNDESAMT 1995):

- Eine Verringerung des Verkehrsaufkommens, der Achslasten und/oder der Geschwindigkeit.
- Anwendung nur hochwertigster, widerstandsfähiger Deckschichten, wie zum Beispiel Splitt-Mastix-Asphalt.
- Verstärkung der gebundenen Straßenbefestigung.
- Entwicklung langzeitbeständiger, umweltfreundlicher Baustoffe und Baukonstruktionen.
- Vermeidung korrosiver Einflüsse (z. B. von Streumitteln).
- Weiterentwicklung und Förderung grabenloser, unterirdischer Methoden zur Errichtung, Reparatur und Wartung von Versorgungsleitungen, Abwasserrohren und dergleichen.

Besonders die Verringerung des Straßenverkehrsaufkommens und der maximal höchstzulässigen Achslasten würde die Lebensdauer des Straßenbelages deutlich verlängern. So steigt die Materialermüdung des Befestigungsaufbaus von Straßendecken etwa mit der vierten Potenz der statischen Auflast der Fahrzeuge und die Straßenbeanspruchung bei der Erhöhung des Fahrzeuggesamtgewichtes von 38 auf 40 t um 20 %. Jedoch stehen beide Maßnahmen (Verringerung des Straßenverkehrsaufkommens und Verringerung der erlaubten Achshöchstlast) im Widerspruch zu den Anforderungen des europäischen Binnenmarktes. Auch im privaten Bereich würde eine erzwungene Verlagerung des Verkehrs auf die Schiene als Einschränkung der persönlichen Freiheit wahrgenommen werden. Ein deutliches Potenzial wird jedoch für eine Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Verkehrs – und damit für eine freiwillige Verlagerung des Verkehrs weg von der Straße – zum Beispiel durch besser abgestimmte Verkehrsverbunde, eine Erhöhung der öffentlichen Verkehrsdichten nach dem Schweizer Vorbild und durch den vermehrten Einsatz von elektronischen/optischen Kommunikationsmedien gesehen.

Straßen, die eine höhere Fahrgeschwindigkeit zulassen, müssen aufgrund der größeren horizontalen und vertikalen Radien mit wesentlich höherem Materialaufwand gebaut werden als Straßen, die für eine geringere Höchstgeschwindigkeit zugelassen sind. Auch steigt die Abnutzung der Nutzsichten mit erhöhter Geschwindigkeit deutlich an. Eine Verringerung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit könnte deutlich zur Verringerung des Abfallaufkommens im Straßenbaubereich beitragen. Dies stößt jedoch auf Akzeptanzprobleme. Eine Erhöhung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit, wie sie in den letzten Monaten für einzelne Autobahnabschnitte zur Diskussion gestellt wurden, muss aus abfallwirtschaftlicher Sicht als höchst kontraproduktiv bewertet werden.

Zur Schadstoffentfrachtung wird empfohlen, steinkohlenteerhaltigen Altasphalt aus dem Stoffkreislauf auszuschleusen (UMWELTBUNDESAMT 1995).

### 3.3.6 Abfallwirtschaftliche Vermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen

Ziel abfallwirtschaftlicher Maßnahmen im Bereich „Altasphalt“ ist ein möglichst vollständiges „Im-Kreislauf-Führen“ des Bindemittels Bitumen und der durch dieses Bindemittel gebundenen Mineralstoffe auf hohem Nutzungsniveau.



Folgende ordnungspolitische Vermeidungsmaßnahmen werden empfohlen (UMWELTBUNDESAMT 1995):

- Besteuerung von Primärbitumen und finanzielle Förderung von Heißrecyclinganlagen.
- Einrichtung einer Prüfstelle zur Identifikation von Teer in Altasphalt.
- Verwendung von Recycling-Baustoffen als Kriterium für die Vergabe von Aufträgen im öffentlichen Straßenbau.
- Förderung von Entwicklung und Einsatz langzeitbeständiger, umweltfreundlicher Straßenbeläge und -befestigungen.
- Verkehrsplanung und Verkehrspolitik zur Verringerung des Straßen-Verkehrsaufkommens.
- Monitoring der Stoffströme in allen Asphaltmischanlagen.

### 3.3.7 Resümee Straßenaufbruch

Es bestehen kaum Möglichkeiten, die Verwertungsquote von Straßenaufbruch weiter zu erhöhen. Das Hauptaugenmerk sollte daher auf Initiativen liegen, die es ermöglichen, den Recyclingbaustoff auf möglichst hohem Niveau sicherzustellen – das heißt eine möglichst hohe Qualität des Recycling-Baustoffes zu erzielen.

Auf Basis von Untersuchungen (GRECH et al. 2003) hat der Österreichische Baustoff-Recycling Verband eine Richtlinie für Recycling-Baustoffe herausgegeben. Zu dieser Richtlinie werden Grenzwerte für physikalisch-chemische Parameter, Stoffkonzentrationen und Eluatkonzentrationen erarbeitet, die es ermöglichen, qualitative hochwertige Baustoffe zu definieren.

Tab. 17 enthält jene Qualitätsanforderungen, die der Hersteller für seine Recycling-Baustoffe jeweils zu gewährleisten hat. Dabei sind auch, hellgrau unterlegt, die Anforderungen nach Tabelle 3 der Richtlinie integriert, welche im Zuge der Güte- und Qualitätsüberwachung jedenfalls zu analysieren sind.



Tab. 17: Allgemeine Qualitätscharakteristika für Recycling-Baustoffe (ÖBRV 2004).

		Qualitäts- klasse A+	Qualitäts- klasse A	Qualitäts- klasse B
<b>Gesamtgehalt</b>				
As	mg/kg TS	20	30	30
Cd	mg/kg TS	0,5	1,1	1,1
Cr	mg/kg TS	40	90	90
Cu	mg/kg TS	30	90	90
Hg	mg/kg TS	0,2	0,7	0,7
Ni	mg/kg TS	30	55	55
Pb	mg/kg TS	30	100	100
Zn	mg/kg TS	100	450	450
Σ 16 PAK (EPA)	mg/kg TS	4	12	20
<b>Eluat bei L/S 10</b>				
pH-Wert		7,5–12,5	7,5–12,5	7,5–12,5
Elektr. Leitfähigkeit <sup>1</sup>	mS/m	150	150	150
As	mg/kg TS	0,5	0,5	0,5
Ba	mg/kg TS	20	20	20
Cd	mg/kg TS	0,04	0,04	0,04
Cr	mg/kg TS	0,3	0,5	0,5
Cu	mg/kg TS	0,5	1	2
Hg	mg/kg TS	0,01	0,01	0,01
Mo	mg/kg TS	0,5	0,5	0,5
Ni	mg/kg TS	0,4	0,4	0,4
Pb	mg/kg TS	0,5	0,5	0,5
Sb	mg/kg TS	0,06	0,06	0,06
Se	mg/kg TS	0,1	0,1	0,1
Zn	mg/kg TS	4	4	4
Ammonium-N	mg/kg TS	1	4	8
Cl	mg/kg TS	800	800	800
F	mg/kg TS	10	10	10
Nitrit-N	mg/kg TS	0,5	1	2
SO <sub>4</sub>	mg/kg TS	1.500	2.500	3.500
Summe KW	mg/kg TS	1	3	5
Phenolindex	mg/kg TS	1	1	1
DOC	mg/kg TS	500	500	500
Vollständig gelöste Feststoffe	mg/kg TS	4.000	4.000	4.000

<sup>1</sup> 200 mS/m sind zulässig, falls pH-Wert zwischen 11,0 und 12,5 liegt



Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe (ÖBRV 2004)

- wurde durch ein Schreiben der Sektion VI „Stoffstromwirtschaft, Umwelttechnik und Abfallmanagement“ des BMLFUW an alle Landesregierungen als Stand der Technik zur Anwendung empfohlen (GZ BMLFUW-UW.2.1.4/0014-VI/1/2004) und
- ist allen einschlägigen bautechnischen Regelwerken (insbesondere der Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB), den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS), dem Leistungsbuch Siedlungswasserbau (LB-SW), der Leistungsbeschreibung Verkehrswegebau (LB-VB) und den einschlägigen Ö-NORMen (z. B. ÖNORM B 2251)) als verbindliches Regelwerk zugrunde gelegt.

Dennoch wird es als notwendig angesehen die Verbindlichkeit im Rahmen einer Abfallendebebestimmung auf alle Recycling-Baustoffe auszudehnen, sodass jeglicher österreichische Recycling-Baustoff auf möglichst hohem qualitativem Niveau wieder eingesetzt werden kann und gleichzeitig sichergestellt ist, dass belastete Baustoffe einer letzten Senke zugeführt werden.

### 3.4 Gleisschotter

Ein Großteil des bei Erneuerungsarbeiten des Gleiskörpers von ÖBB-Anlagen anfallenden Gleisschotters wird gereinigt und an der Baustelle wieder erneut eingebaut.

Als Abfall fällt Gleisschotter an, wenn an der Baustelle weniger Gleisschotter wieder eingebaut werden soll, als angefallen ist. Ein Transport von übrig gebliebenem Gleisschotter von einer Baustelle auf eine andere erfolgt – wegen mangelnder Zwischenablagerungsflächen und mangelnder Koordination zwischen den Leitern der einzelnen Baustellen – nur selten. In den meisten Fällen wird der überschüssige Gleisschotter deponiert (LEEB 2005).

Die Gesamtmenge an wieder eingebautem Gleisschotter wird nicht erfasst, sodass keine Angaben über die Verwertungsquote getroffen werden können. Die Menge an deponiertem Gleisaushub aus Erhaltungsarbeiten der ÖBB für die Jahre 2001 bis 2003 ist in Abb. 20 dargestellt.

Ihm Jahr 2003 mussten 151 t an Gleisschotter (bzw. an Feinfraktion aus der Gleisschotterreinigung) als gefährlicher Abfall behandelt werden (LEEB 2004).

Als Behandlungsanlagen für Gleisschotter sind die biotechnische Anlage der ALTEC in Arnoldstein und die chemisch-physikalische Anlage der PORR Umwelttechnik in Wien mit einer Anlagenkapazität von zusammen 50.000 t/a in Betrieb.

Gleisschotter von Bahnstrecken kann sehr unterschiedliche Verschmutzungen und Belastungen mit Schadstoffen aufweisen, wie

- Feinanteile aus Abrieb und Absplitterung des Schotters
- Rückstände aus Ladungsverlusten
- Rückstände aus Zugtoiletten
- Abfälle verschiedener Art aus den Zügen
- Aufgestiegenes Unterbaumaterial
- Humus und Pflanzenreste
- Schadstoffbelastungen durch

- Aliphatische Kohlenwasserstoffe (Mineralöl) aus Treibstoff- und Schmiermittelverlusten,
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) aus Rückständen des Dampflokbetriebs und aus den Imprägniermitteln der Holzschwellen (Teeröl),
- Schwermetalle, z. B. aus dem Abrieb von Schienen, Rädern, Bremsen und Oberleitungen sowie
- Rückstände von Herbiziden.

Maßgebliche Schadstoffe sind dabei die PAK und die Herbizide.

Bereiche mit besonderer Nutzung – wie z. B. Haltebereich vor Signalen und in Bahnhöfen, Rangierbereich, Verladestellen – können höhere Schadstoffgehalte und andere Schadstoffprofile aufweisen als freie Überlandstrecken (LFU-LFW 2003):

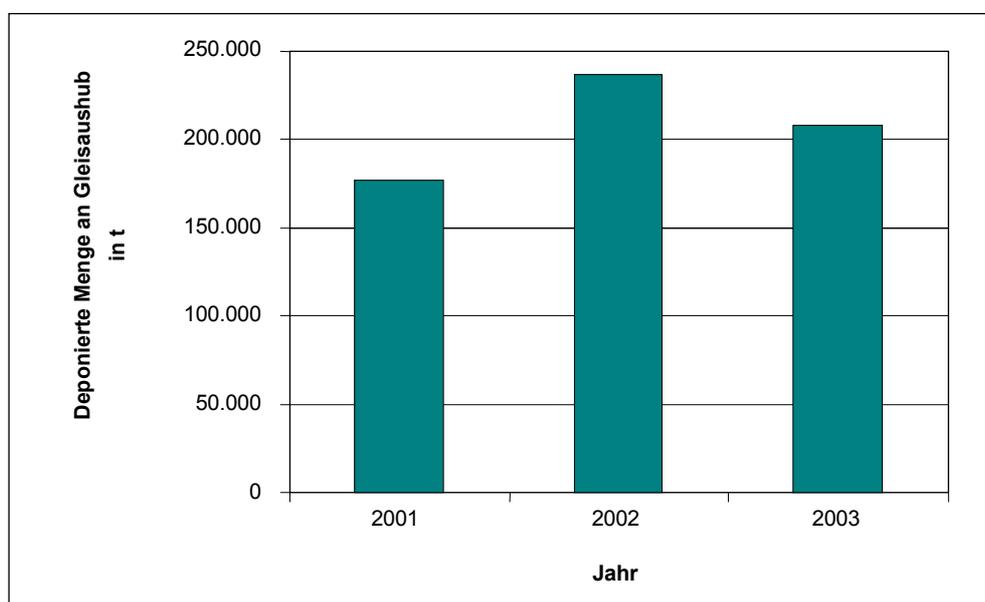


Abb. 20: Deponierte Menge an Gleisaushub aus Erhaltungsarbeiten der ÖBB (LEEB 2004).

Als Maßnahme für die Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie des BAWP 2006 wird auch empfohlen, für Gleisschotter und dessen Wiederverwendung Grenzwerte gemäß Richtlinie für Recycling-Baustoffe (ÖBRV 2004) einzuführen. Dies kann zwar zu einer Erhöhung des Abfallaufkommens (und damit zu einer negativen quantitativen Abfallvermeidung) beitragen, wird jedoch als wertvoller Teil einer qualitativen Abfallvermeidung gesehen und führt bei Schaffung von sicheren Senken für die belasteten Abfälle insgesamt zu einer Verringerung der Schadstoffdissipation.

Analog zu Empfehlungen in Deutschland (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG 2003) sollte auch die Eluatkonzentration von Herbiziden aus Gleisschotter für die Wiederverwendung des Gleisschotters mit 3 µg/l begrenzt sein.

Zusätzlich sollte erarbeitet werden, welche Herbizide die geringste Umweltbelastung verursachen und wie man die Nutzung von Herbiziden, die zu höheren Umweltbelastungen führen, zurückdrängen kann.

Eine weitere Verringerung der Schadstoffbelastung des Gleisschotters wird durch das Ersetzen von imprägnierten Holzschwellen durch Betonschwellen erwartet.

Ob es möglich wäre, durch eine bessere Koordination der Baustellen den Anfall an zu deponierendem Gleisschotter zu verringern, kann hier nicht beurteilt werden.



### 3.4.1 Resümee Gleisschotter

Als Maßnahmen der Abfallvermeidung bzw. -verwertung von Gleisschotter werden empfohlen:

- Die Anwendung der Grenzwerte aus der Richtlinie für Recycling-Baustoffe auch für Gleisschotter.
- Der Einsatz ausschließlich jener Herbizide, die die geringsten Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen verursachen.

## 4 ABFALLVERMEIDUNGS- UND -VERWERTUNGS-STRATEGIE FÜR BAURESTMASSEN

Nachdem die bisherigen Kapitel die Ist-Situation der Baurestmassen beschrieben haben, soll nun gezeigt werden, welche Trends, Gestaltungsmöglichkeiten, Barrieren und Potenziale für die Zukunft bestehen. Im Abschluss dieses Kapitels soll daraus abgeleitet werden, welche zukünftigen Maßnahmen empfehlenswert sind.

### 4.1 Trends in der Bauwirtschaft

Gegenwärtig liegt in Deutschland der Wohnraumbedarf bei 40 m<sup>2</sup>/Person. In den letzten 30 Jahren hat sich damit der Pro-Kopf-Wohnraum nahezu verdoppelt. (KOPYTZIOK & LINDEN 1999). Dieser Trend ist auch in Österreich feststellbar und wird auch weiterhin anhalten. So wurde für den Zeitraum der Jahre 2000 bis 2020 eine Zunahme der österreichischen Bevölkerung von 2 % prognostiziert. Gleichzeitig steigt die Anzahl der österreichischen Wohnungen durch die Zunahme von Singlehaushalten jedoch um 14 % (WALCH et al. 2001).

Aus Umweltsicht gibt es folgende bedenklichen Trends bei der Verwendung von Baumaterialien (JORDE & GUPFINGER o.J.):

- Um Flexibilität für Großraumbüros zu erreichen, wurden Zwischenwände in erster Linie aus PVC verwendet.
- Aus Festigkeitsgründen und um die Frostbeständigkeit zu erhöhen, werden immer mehr wenig umweltverträgliche Zuschlagsstoffe und Hilfsstoffe in der Betonbauweise verwendet.
- Zur Wärmedämmung wird Polystyrol zum Teil vollflächig geklebt. Effiziente Demontage- und Trenntechniken zur Trennung der Baustoffe fehlen.
- Kunststoffputze werden immer häufiger appliziert.
- Fenster aus PVC werden direkt eingemauert und lassen sich beim Abbruch nur schwer vom Mauerwerk trennen.

Für die nächsten Jahre (bis 2020) zeichnen sich im Technologiesektor vor allem Trends in Richtung

- kostengünstiger Technologien und kostensparender Systeme,
- eines erhöhten Einsatzes innovativer Gebäude(informations)technologien,
- einer teilweisen Ökologisierung der Bauwirtschaft ab.

Hervorzuheben sind die Zunahme an rationellen Bautechnologien, wie Vorfertigung und haustechnische Modullösungen, oder die verstärkte Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien (WALCH et al. 2001).

Weiters sind sowohl eine grundsätzliche Reduktion der öffentlichen Fördermittel als auch unregelmäßigere Einkommen (durch die erwartete Flexibilisierung der Arbeitswelt) zu erwarten. Beide Rahmenbedingungen verstärken die Notwendigkeit zu kostengünstigem Bauen und geringen laufenden Betriebskosten.

Das Haus der Zukunft wird daher tendenziell ein „billig“ errichtetes, auf kürzere Lebensdauer ausgerichtete Produkt sein, das sich während seiner Gesamtnutzungsdauer noch adaptieren und nach abgelaufener Lebenszeit leicht wieder beseitigen lässt.



Zu den Elementen des **kostengünstigen Bauens** zählen:

- Erhöhung des Vorfertigungsgrades (zur Beschleunigung des Bauens und zur Erhöhung der Kostensicherheit),
- Fertigteilhäuser sowohl für den Ein- als auch den Mehrfamilienbereich,
- Modulare Bausysteme mit integrierten haustechnischen Komponenten und Standardanschlüssen,
- Optimierte Baustellenorganisation und Logistik, sodass ein „just-in-time“-Bauen mit sehr kurzen Planungs- und Errichtungszeiten ermöglicht wird (WALCH et al. 2001).

Der Einsatz von **Gebäude-Informationstechnologie** wird stark zunehmen und zunehmend zur Standardgebäudeausrüstung zählen. Dabei werden die Systeme aber funktioneller und einfacher zu bedienen sein. Über einen Touch-Screen und/oder das Internet werden das Sicherheitssystem, die Raumtemperatur, die Beleuchtung, die Kommunikation und die Gerätebedienungen des „smart home“ zu steuern sein. Zusätzlich könnte das „smart home“ mit Selbstlernfähigkeiten ausgestattet sein, die es erlauben, sich an den gewohnten Tagesablauf der Bewohner automatisch anzupassen (WALCH et al. 2001).

Durch die Anwendung von Gebäude-Informationstechnologien könnte es einerseits zu einem verringerten Einsatz von Baustoffen kommen, da durch entsprechende Mess- und Regelverfahren auch mit dünneren Wänden ein entsprechendes Raumklima erzielbar sein könnte; auf der anderen Seite führt der vermehrte Einsatz von Messfühlern, Stellgeräten und Hauselektronik zu einem höheren Anteil von schadstoffhaltigem Elektronikschrott bei den Bauabfällen.

Bei Häusern der Zukunft wird es sich um stärker **„ökooptimierte“ Gebäude** handeln. Es wird erwartet, dass sich energieeffiziente Bautechniken (wie Niedrigenergiehaus, Passivhaus oder gar Nullenergiehaus) durchsetzen werden.

Durch eine zunehmende Nachfrage nach schadstofffreien Materialien und nach „gesundem Raumklima und Behaglichkeit im eigenen Zuhause“ sowie durch agrarpolitische Entwicklungsansätze werden **nachwachsende Rohstoffe** als Baumaterialien vermehrt genutzt werden.

Der **Holzwohnbau** wird sich als qualitätsvolle Alternative zu Massivbausystemen etablieren. Holz und Holzbausysteme werden sowohl für Klein- als auch für Großbauten verstärkt zum Einsatz kommen. Dafür sprechen ökologische Argumente, wie gute Wärmedämmung und regionale Kreislaufwirtschaft. Kostenargumente werden erst bei hohem Vorfertigungsgrad bzw. erst ab einer bestimmten Intensität der Marktdurchdringung schlagend. (Für eine Zusammenfassung der Holzschutzmittelbehandlung siehe Kapitel 3.2.3, für eine Diskussion der Vor- und Nachteile der Holzbauweise siehe Kapitel 4.3.2).

**Bio-Kunststoffe**, deren Grundsubstanz zumeist eine Zellulosequelle wie Holz oder landwirtschaftliche pflanzliche Abfälle darstellt, werden öfter für den Innenausbau verwendet werden. Auch Linoleum, Kork, Jute- und Flachs-Produkte tragen zu einem gesunden Innenraumklima bei. Dämmstoffe auf Zellulose-Basis werden in den nächsten Jahren verstärkt herkömmliche Stoffe ergänzen (WALCH 2001). Weitere Ausführungen zum Thema Bio-Kunststoffe sind in Kapitel 4.3.4 zu finden.

Der Wechsel von einer reinen Investitionskostenorientierung zu einer Vollkostenorientierung (unter Berücksichtigung der Betriebs- und Erhaltungskosten) ist schon seit einigen Jahren in der Bauwirtschaft zu bemerken. Ob sich dies zu einer umfassenden ökologischen Gesamtkostenrechnung (unter Einbeziehung der Lebenszyklus-

kosten und insbesondere der Abfallbehandlungskosten) weiterentwickeln wird, hängt stark von den fiskalen und gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Durch eine höhere Besteuerung fossiler Energieträger könnten sich zum Beispiel deutliche Verschiebungen hin zu regionalen Baustoff- und Ressourcenkreisläufen ergeben.

Eine stärkere Berücksichtigung von Wiederverwertung und Wertstoffrecycling in der Bauwirtschaft wird sich jedenfalls rechnen (WALCH et al. 2001).

## 4.2 Methoden der Abfallvermeidung und Verwertung in der Bauwirtschaft

### 4.2.1 Prinzipien einer nachhaltigen Bauwirtschaft

Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung hat „Nachhaltigkeit“ wie folgt definiert (KIM & RIGDON 1998):

- Die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigen, ohne die Möglichkeit zukünftiger Generationen, ihre Bedürfnisse zu befriedigen, zu kompromittieren.

Um aus der gegenwärtigen Bauwirtschaft eine nachhaltige Bauwirtschaft zu entwickeln, ist es notwendig von einem konventionellen, linearen Modell des Bautenlebenszyklus (siehe Abb. 21) zu einen nachhaltigen Bautenlebenszyklus unter Einsatz von Kreisläufen zu kommen (siehe Abb. 22). Die dabei anzuwendenden Prinzipien des nachhaltigen Designs und Umweltschutzes sind:

- Ressourcenbewirtschaftung
- Lebenszyklusdesign
- Menschengerechtes Design.

Methoden, die zur Umsetzung dieser Prinzipien angewendet werden können, sind in Tab. 18 aufgelistet.

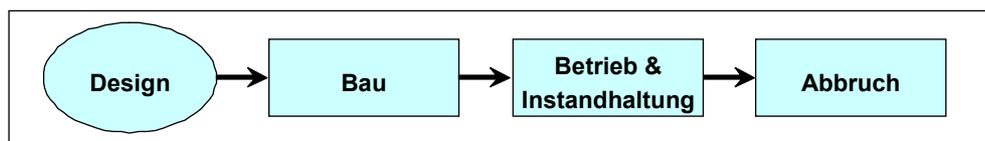


Abb. 21: Konventionelles Modell des Lebenszyklus von Bauwerken (KIM & RIGDON 1998).

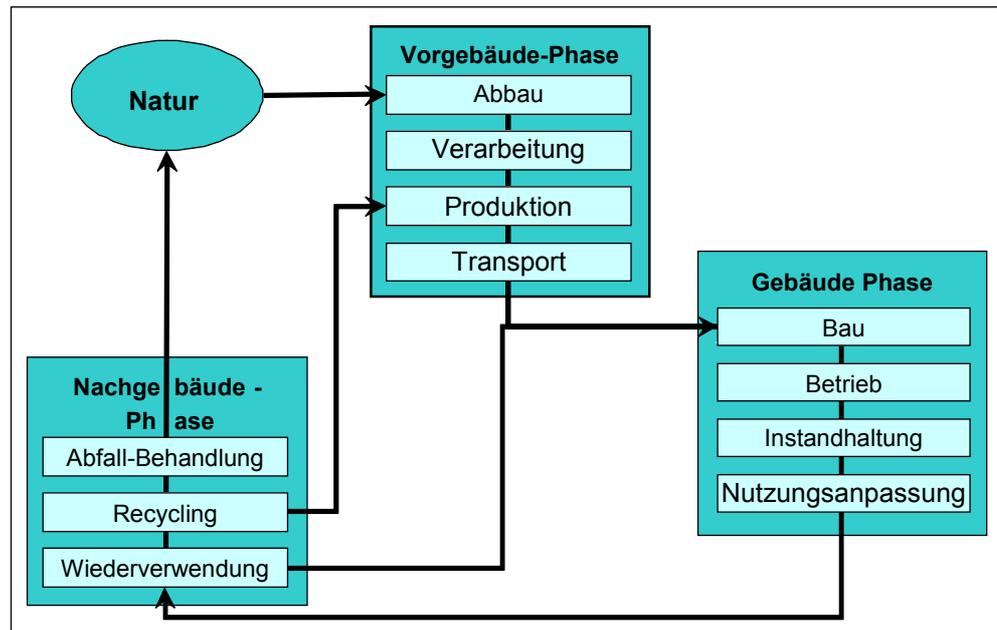


Abb. 22: Nachhaltiges Modell des Lebenszyklus von Bauwerken (KIM & RIGDON 1998).

#### 4.2.2 Kernstrategien der Abfallvermeidung und -verwertung in der Bauwirtschaft

Es gibt folgende sechs Kernstrategien, um das Aufkommen von Baurestmassen zu vermeiden, den Schadstoffgehalt zu reduzieren bzw. die Verwertung von Baurestmassen zu verbessern (KOPYTZIOK & LINDEN 1999; KOPYTZIOK 2000):

- Neubau vermeiden
- Abfallarmes Bauen
- Rationelle Gebäudenutzung
- Selektiver Rückbau
- Sortenreine Erfassung der Bauabfälle
- Hochwertiges Recycling.

Tab. 18: Prinzipien und Methoden des nachhaltigen Designs und Umweltschutzes (KIM & RIGDON 1998).

Prinzipien		
Ressourcen-bewirtschaftung	Lebenszyklusdesign	Menschengerechtes Design
<b>Energiesparen</b>	<b>Vorgebäude-Phase</b>	<b>Bewahrung natürlicher Umweltbedingungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Energiebewusste Stadtplanung</li> <li>● Energiebewusste Raumplanung</li> <li>● Alternativenergien</li> <li>● Passiv-Heizung und -Kühlung</li> <li>● Wärme-/Kälte-dämmung</li> <li>● Verwendung von Materialien mit geringem Energieinhalt</li> <li>● Verwendung effizienter Geräte mit Zeitschaltungen</li> </ul>	<p>Verwendung von Materialien die:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● aus erneuerbaren Quellen stammen</li> <li>● ohne Umweltschaden zu verursachen gewonnen wurden</li> <li>● recycelt sind</li> <li>● recycelbar sind</li> <li>● eine lange Lebenszeit besitzen und geringe Instandhaltung brauchen</li> </ul> <p>Minimierung des Energieverbrauchs für die Verteilung der Materialien</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● die Auswirkungen des Designs auf die Umwelt verstehen</li> <li>● topografische Gegebenheiten respektieren</li> <li>● Grundwasserströme nicht stören</li> <li>● bestehende Fauna und Flora bewahren</li> </ul>
<b>Wasser sparen</b>	<b>Gebäude-Phase</b>	<b>Raumplanung</b>
<p>Verbrauchsminimierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Naturnaher Landschaftsbau</li> <li>● Wasser sparende Duschköpfe</li> <li>● Vakuum-Toilettenspülungen oder kleinere Spülkästen</li> </ul> <p>Wiederverwendung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Regenwassersammlung</li> <li>● Brauchwassersammlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bauplanung ausgerichtet auf minimale Umweltbeeinträchtigung der Baustelle</li> <li>● Einsatz von Abfalltrenn-einrichtungen</li> <li>● Verwendung nicht-toxischer Materialien, um Bauarbeiter und Endnutzer zu schützen</li> <li>● Festlegung regelmäßiger Instandhaltung mit ungiftigen Reinigungsmitteln</li> <li>● Anpassung bestehender Gebäudestrukturen auf neue Nutzer und Nutzungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Umweltverschmutzung vermeiden</li> <li>● gemischte Nutzung von Gebäuden (Geschäfts, Wohnungen...) fördern</li> <li>● Naherholungszonen schaffen</li> <li>● Fördere den Fuss- und Fahrradverkehr</li> <li>● Design und öffentlichen Verkehr integrieren</li> </ul>
<b>Material sparen</b>	<b>Nachgebäude-Phase</b>	<b>Design für menschlichen Komfort</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Material sparendes Design und Produktion</li> <li>● Angemessene Gebäude-dimensionierung</li> <li>● Instandhaltung bestehender Strukturen</li> <li>● Verwendung bereits benutzter Materialien und Komponenten</li> <li>● Verwendung alternativer Baustoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Wiederverwendung von Gebäudekomponenten und -materialien</li> <li>● Recycling von Gebäudekomponenten und -materialien</li> <li>● Weiterverwendung von Land und bestehender Infrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● visuellen, akustischen und Wärme-Komfort schaffen</li> <li>● visuelle Verbindung zur Umwelt schaffen</li> <li>● Fenster, die zu öffnen sind verwenden</li> <li>● die Möglichkeit zum Lüften schaffen</li> <li>● behindertengerecht bauen</li> <li>● ungiftige, nicht ausgasende Materialien verwenden</li> </ul>

Zur Kernstrategie Neubau vermeiden zählen die Leitlinien (KOPYTZIOK & LINDEN 1999; KOPYTZIOK 2000):

- Möglichst wenig neu zu bauen;
- Möglichst wenig unbebaute Flächen neu zu bebauen;
- Den existierenden Gebäudebestand effizient zu pflegen und zu nutzen;



- Vorhandene Baukonstruktion möglichst lange auf möglichst hohem Niveau weiternutzen (siehe dazu Kapitel 4.2.3);
- Die Nutzung bestehender Gebäude zum Beispiel durch Wärmedämmmaßnahmen oder den Ausbau von Dachwohnungen auszudehnen;
- Gebäude, die im ursprünglichen Zweck nicht mehr genutzt werden können, wie z. B. Scheunen, überzählige Kasernen, für Wohnzwecke umzunutzen oder z. B. alte Industrie- und Gewerbegebäude als Kulturzentren weiterzunutzen.
- Verzicht auf Straßen und andere Gebäude, die nicht wirklich notwendig sind.
- Rückbau von Straßen und Errichtung möglichst kleiner Gebäude.

Leitlinien zum **abfallarmen Bauen** umfassen (KOPYTZIOK & LINDEN 1999; KOPYTZIOK 2000; FECHNER et al. 2004b):

- Klären, ob Bedarf auch durch Umnutzung oder Umbau gedeckt werden kann.
- Massenausgleich des Bodenaushubs auf der Baustelle, Anbieten von überschüssigem Bodenaushub über Boden- und Bauschuttbörsen (für Arbeitsbehelfe siehe Tab. 19).
- Frühzeitige Einbeziehung der Haustechnikplanung in Gebäudeplanung, um Leitungen in Kabelkanälen oder im Boden statt in Wänden führen zu können.
- Die Anwendung einfacher Baukonstruktionen (je komplexer die Baukonstruktion ist desto mehr Abfall entsteht).
- Vermeidung von Spannbeton oder Konstruktionen, deren Stabilität durch Auflast bedingt ist (diese verursachen Probleme beim Rückbau).
- Flexible Raumgestaltung bzw. Raumaufteilung, mit der unterschiedliche Wohn- und Nutzungsbedürfnisse realisierbar sind:
  - große Wohnungen sind so zu planen, dass sie sich auf zwei kleine Wohnungen umgestalten lassen; kleine Räume so, dass sie sich zu großem Raum zusammenlegen lassen;
  - Quadratische Räume erleichtern Nutzungsänderungen;
  - Verwendung standardisierter Elemente – wie Installationsschächte, Nasszellen und dergleichen – die auf die wesentlichen Funktionen beschränkt sind;
  - Verwendung von Deckenkonstruktionen, die versetzte Zwischenwände aufnehmen können (mehr dazu in Kapitel 4.2.3).
- Um den Verschnitt so gering wie möglich zu halten sollten weitestgehend
  - wieder verwendbare Schalungen verwendet oder
  - schalungsfreie Konstruktionen (z. B. Decken aus Fertigteilen oder Filigrandecken aus Halbfertigteilen) angewandt und
- die benötigte Menge an anzuliefernden Baustoffen möglichst genau kalkuliert werden.
- Anwendung der in Abb. 23 dargestellten Verfahrensschritte für ein recyclinggerechtes Konstruieren.
- Einsatz von leicht trennbaren Konstruktionen mit geringem Materialverbrauch und Instandsetzungsaufwand, langer Lebensdauer sowie hohem Vorfertigungsgrad. Wichtig ist die Zugänglichkeit und Austauschfreundlichkeit von Bauelementen in Hinblick auf unterschiedliche Lebensdauer (z. B. durch die Verwendung von Vorwandinstallationen). Günstig für Anpassungsfähigkeit und Demontage sind Stahl- und Holzkonstruktionen. Vorteilhaft ist dabei:
  - Verringerung der Verbindungselemente (weniger, dafür größere Schrauben);
  - Verwendung gleicher Verbindungselemente (eine Schraubengröße);
  - Kurze Demontagewege;

- Einheitliche Demontagerichtungen (Drehrichtung);
- Beschädigungsfreie Demontage.
- Auswahl von Baustoffen, die
  - abfallarm hergestellt wurden (hochwertige, regionale Baustoffe mit geringem Transportaufwand; schadstoffarme Recycling-Baustoffe (gekennzeichnet z. B. durch „natureplus“, IBO-Prüfzeichen, österreichisches Umweltzeichen)),
  - eine lange Lebensdauer und einen geringen Wartungsaufwand besitzen
  - sowie gut zu trennen und zu recyceln sind.
- Auswahl von Baustoffen mit geringem Verpackungsaufwand (witterungsbeständige Baustoffe, verpackungsarm verschnürt auf Mehrwegpaletten oder schüttbare Baustoffe in Mehrwegsilos angeliefert; Mehrweggebinde für Farben und Reinigungsmittel).
- Verwendung von inerten Baumaterialien und nachwachsenden, möglichst unbehandelten Rohstoffen (z. B. unbehandeltes Holz).
- Verwendung einer geringen Anzahl an Baustoffen (um das Trennen nach Nutzung zu erleichtern).
- Weitgehende Getrennthaltung von mineralischen und organischen Materialien in den zu errichtenden Gebäuden (z. B. Dämmung von Massivhäusern mit mineralischen Dämmstoffen, Dämmung von Leichtbauhäusern aus Holz mit Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen).
- Anwendung einer umfassenden Dokumentation (siehe Tab. 20) und Stoffbuchhaltung mit Angaben zur Zusammensetzung, Menge, Abbau- und Behandlungsmöglichkeiten der eingesetzten Baustoffe und Plänen, die den Ort ihres Einsatzes darstellen (OBERNOSTERER 2000), (wobei die Angabe der Behandlungsmöglichkeiten eher für den kurz- bis mittelfristigen Umbau als für den Abbruch am Ende der Lebenszeit von Wert ist).
  - Bereits bei Errichtung Erstellen eines Abbaukonzeptes.
  - Mehrfamilienhäusern und verdichtetem Wohnbau sollte der Vorzug gegenüber Einfamilienhäusern gegeben werden. (Der Siedlungstyp „freistehendes Einfamilienhaus“ verursacht sowohl direkt (beim Bau und Betrieb) als auch indirekt (durch mehr Erschließungsflächen) den größten Materialverbrauch (siehe Abb. 24) (TAPPEINER et al. 2002).
- Wiederverwendung von bereits existierenden Bauteilen.
- Planung und Einsatz von Abfalltrenncontainern.
- Wiederverwendung der Verpackungsmaterialien.



Tab. 19: Arbeitsbehelfe für umweltgerechte Neubauplanung am Beispiel Wien (FECHNER et al. 2004b).

Planungsabschnitt	Arbeitsbehelfe und -grundlagen	Erklärende Hinweise
Grundlagenermittlung	Immobilienbewirtschaftung der Stadt Wien	Umnutzung bestehender Gebäude abklären
Vorplanung	Bauteilkatalog Abfallvermeidung	Nutzen von Erkenntnissen über Baustoffe, Bauteile und Baukonstruktionen, Beispiele
Einreichplanung	Checkliste Rückbaukonzept	
Ausschreibung	Standardausschreibungstexte für Recycling-Bauweisen Recycling-Börse-Bau Preisliste für Baustoff-Recycling Anlagen ÖNORM 22251 „Mustertexte für umweltgerechte bauspezifische Leistungsbeschreibungen“	<a href="http://recycling.or.at/">http://recycling.or.at/</a> <a href="http://www.brvt.at/">http://www.brvt.at/</a> <a href="http://www.on-norm.at">www.on-norm.at</a>
Bodenaushub	Merkblatt „Verwendung von Böden als Schüttung“	Vom BMLFUW bundesweit zur Anwendung empfohlen
Qualitätsbaustoffeinkauf	Liste der gütegeschützten Recycling-Baustoffe Folder „Baurestmassenverwertung“ Recycling-Börse-Bau	Verzeichnis der mit Qualitätszeichen versehenen Recyclingprodukte, wichtig für Bauunternehmer <a href="http://recycling.or.at/">http://recycling.or.at/</a>
Definition der Regelbauweisen für den Wege- und Straßenbau	Richtlinien für Recycling-Baustoffe (empfohlen durch das BMWA) RVS 3.63, RVS 8S.05.11 LB-HB (LG 02, LG 03)	Für Straßenbauämter, Siedlungswasserbau, für Hochbauabteilungen <a href="http://www.brvt.at/">http://www.brvt.at/</a>
Außenanlagen, Künettenverfüllungen, Parkplätze...	Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen, ungebundene Anwendung Recycling-Börse-Bau	In Ergänzung zur Richtlinie für Recycling-Baustoffe <a href="http://recycling.or.at/">http://recycling.or.at/</a>
Laufend	Checkliste Gebäudedokumentation	Gebäudedokumentation

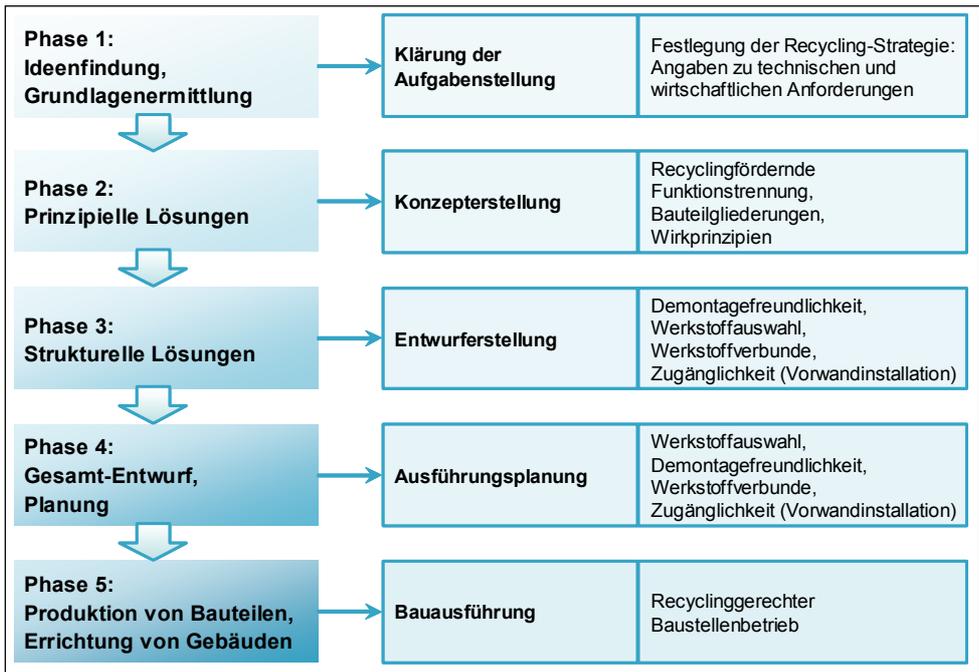


Abb. 23: Entwicklungsphasen, Arbeitsschritte und Anforderungen für ein recyclinggerechtes Konstruieren (BILITEWSKI et al. 1995).

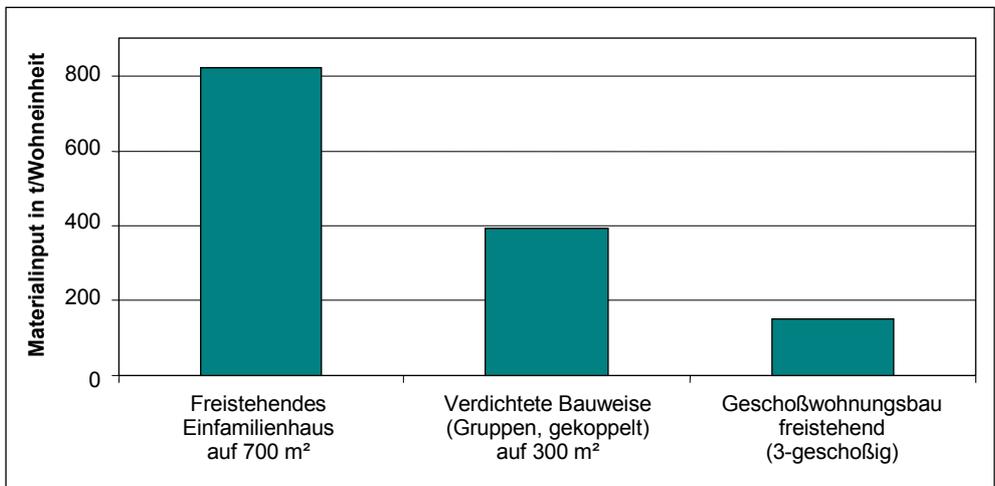


Abb. 24: Natureinsatz für die Erschließung je Wohneinheit für verschiedene Gebäudetypen nach dem MIPS-Konzept (TAPPEINER et al. 2002).



Tab. 20: Mindestinhalt der Gebäudedokumentation, zu sammeln in einem zentralen Dokumentationsarchiv (aus FECHNER et al. 2004b).

<b>Technische Dokumentation</b>
Polierpläne
Aufmaß- und Ausführungspläne mit Rückbausbeschreibung (CAD-Pläne sollten im IFC-Format archiviert werden)
Installationspläne
Auflistung der Lieferanten und Hersteller
Funktionsbeschreibungen
Inbetriebnahme-Protokolle
Bedienungsanleitungen
Instandhaltungsanweisungen
Fotodokumentation (des Baugeschehens, von versteckten Elementen und Leitungsführungen, von Bauschäden)
<b>Vertragsdokumentation</b>
Garantieerklärungen der Unternehmer und Lieferanten
Wartungsverträge
Vorschriften und obligatorische Kontrollen
<b>Chronologische Dokumentation</b>
Übernahmeprotokolle
Schadenbehebungsjournal
<b>Stoffbuchhaltung</b>
Verzeichnis der eingesetzten Materialien mit Stoffdatenblättern, Abbauanleitungen, Verwertungsvorschlägen und Behandlungsvorschriften
Dokumentation des Einsatzortes der Materialien

Zur **rationalen Nutzung** eines Gebäudes zählen:

- Die abfallarme Instandhaltung und Modernisierung;
- Eine Verlängerung der Nutzungsdauer vor allem für aufwändig hergestellte Produkte (Möbel) oder Bauteile;
- Die Umnutzung bei Änderung der Wohn- oder Nutzungsbedürfnisse.

Zum **selektiven Rückbau** zählt unter anderem (siehe auch Kap. 3.1.7):

- Eine Gebäudebegehung vor dem Abbruch zur Identifikation schadstoffhaltiger Fraktionen;
- Die Erstellung eines Rückbaukonzeptes;
- Beprobung und chemische Analyse verdächtiger Fraktionen;
- Das Aufstellen spezieller Trenncontainer.

**Die sortenreine Erfassung der Abfälle umfasst:**

- Die Trennung in reine Sorten zum Produkt- bzw. Materialrecycling;
- Die Abtrennung schadstoffhaltiger Fraktionen.



Leitlinien, um ein **hochwertiges Recycling** zu erzielen sind:

- Verwendung von Baumaterialien aus schadstoffarmen Rohstoffen und Recyclingstoffen;
- Keine Beimischung schadstoffhaltiger Materialien;
- Verwendung einer geringen Zahl an leicht trennbaren Baustoffen;
- Kontrolle, Analyse und allenfalls Reinigung der Recyclingmaterialien (KOPYTZIOK 2000);
- Vermeidung bewehrungsintensiver Fundamentbauteile;
- Vermeidung unlösbarer Verbindungen;
- Verwendung von Beton, Betonstein, Kalksandstein-Mauerwerk oder porosiertem Ziegelmauerwerk für Bauteile im Erdreich;
- Bei der Dämmung dieser Bauteile Verzicht auf organische Dichtungsmittel (z. B. Bitumen), dafür Einsatz von hydraulisch gebundenen, mineralischen Dichtungsschlämmen oder wasserundurchlässigem Beton bei der Abdichtung von Bauteilen im Erdreich.
- Für Außenwände Verwendung von
  - entweder Kalksandstein-, Mauerziegel- oder Betonwerkstein-Mauerwerk mit anorganischen Dämmstoffen (wie Perliten, Blähtonen, Bims oder Schaumglas), Oberflächenbeschichtungen und Zuschlagsstoffe,
  - oder von porosierten Mauerziegeln (ohne Dämmstoffen),
  - oder von Holz mit organischen (nachwachsenden) Dämmstoffen;
- Bei mineralischen Mauerwerken Verwendung von mineralischen Innen- und Außenputzen, jedoch Vermeidung von Gipsputzen, da sie schlecht vom Mauerwerk zu trennen sind, die Frostbeständigkeit des Recyclingmaterials aber herabsetzen;
- Für Geschoßdecken Verwendung von Ziegel-Elementdecken, Ziegel-Einhängedecken oder Stahlbetondecken aus Halbfertigteilen mit Aufbeton.
- Vermeidung von Polystyrol (Polystyrol-Hartschaum) als Trittschalldämmmittel;
- Vermeidung von Mineralwolle das die Homogenität der Recycling-Baustoffe sehr stark negativ beeinflusst (JORDE & GUPFINGER o.J).

#### 4.2.3 Flexibel und demontabel Bauen

**Flexible Grundrisse** weisen folgende charakteristischen Merkmale auf:

- Trennung von Tragwerk und Ausbauelement;
- Nichttragende, versetzbare bzw. bewegliche Ausbauelemente (zum Klappen, Schieben, Drehen etc.);
- Die wichtigste Festlegung innerhalb flexibler Grundrisse ist die Fixierung des Installationskerns;
- Festgelegte vertikale Installationsstränge (mit variabel anschließbaren Nasszellen) (FECHNER et al. 2004c).

Wichtigstes Bauteil flexibler Grundrisse sind die nichttragenden Trennwände. Sie können nach dem Grad ihrer Umsetzbarkeit und der Konstruktionsweise unterschieden werden in:

- fest stehende Trennwände, einschalig oder mehrschalig;
- umsetzbare Trennwände, als Monoblock oder Schalenwand;
- bewegliche Trennwände, z. B. Schiebe- und Faltwände.



Bauwerke, die nach diesen Prinzipien errichtet wurden, sind vor allem in den Niederlanden zu finden. Beim Eco-Flex Haus in Ijsselstein wurde ein fester Kern aus Toilette, Stiegenhaus und Verrohrung mit einer freien Geschoßfläche umgeben, der vom Nutzer nach individuellen Bedürfnissen aufgeteilt werden kann. Die Verbindung der Versorgungsleitung vom Kern zur Küche und zum Bad erfolgt durch ein Bodensystem, sodass die Küche und das Badezimmer überall in der freien Geschoßfläche angelegt werden können. Die rückwärtige Holzfassade ist abnehm- und wieder montierbar, sodass die freie Geschoßfläche in eine Richtung erweitert werden kann (FECHNER et al. 2004c).

Aber auch in Österreich lassen sich Beispiele für flexible Wohnbauten finden. Ein Passivhaus in der Nordrandsiedlung, Wien 21, ist ein Einraumhaus, bestehend aus einer innen liegenden tragenden Stahlkonstruktion, umgeben von einer offenen Galerie in Holzbauweise (FECHNER et al. 2004c).

Generelle Regeln für **demontagegerechte Befestigungstechniken** sind:

- Bei den Verbindungselementen:
  - Anzahl minimieren,
  - Lösbarkeit mit Standardwerkzeug und ohne Gegenhalt vorsehen,
  - schnelle Erkennbarkeit und gute Zugänglichkeit der Verbindungselemente gewährleisten;
- Anzahl der Verbindungsarten (und damit den Werkzeugwechsel bei der Demontage) und Werkstoffe minimieren;
- Unterschiedliche Werkstoffe lösbar verbinden;
- Materialverträglichkeit berücksichtigen (FECHNER et al. 2004c).

#### 4.2.4 Gebäudepass, Demolition Protocol und Rückbaukonzept

##### 4.2.4.1 Gebäudepass

Für das Konzept des Gebäudepasses wird eine Vielzahl von Bezeichnungen verwendet. Sie reichen von Energiepass, Hausakte, Gebäude- und Bauzertifikat, qualitätsbegleitende Baukontrolle mit TÜV-Zertifikat, Umweltpass, baubiologischer Pass und Gebäudealtlastenpass bis zu Green Building Certificate. Die Vielfalt an Namen spiegelt dabei die inhaltliche Breite wieder. Unter einem Gebäudepass kann eine einzige Zahl – die Energiekennzahl – verstanden werden, aber auch ein ganzes Gebäudeinformationssystem mit ökologischem Zertifizierungssystem.

Im Allgemeinen ist der (ökologische) Gebäudepass ein Qualitätssiegel, in dem standardisierte Kennzahlen eines Gebäudes verzeichnet sind. Für einen Energie-Gebäudepass besteht seit dem Jahr 2002 eine EU-Richtlinie (RL 2002/91/EG). Der Energie-Gebäudepass besteht jedoch nur aus der Gesamtenergiekennzahl des Gebäudes.

Die deutsche ARGE Gebäudepass hat einen viel weitergehenden Gebäudepass entwickelt (ARGE GEBÄUDEPASS 2005). Er besteht aus drei Teilen, ist zertifizierbar und wird durch online-Beratung über Baubestimmungen, Kosten, Adressen usw. ergänzt. Die drei Teile des Gebäudepasses sind:

- Teil A: ist der Reisepass, das Identifikationsdokument des Gebäudes und entspricht der Hausakte für den Neubau von Einfamilienhäusern (definiert durch das Deutsche Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW o. J.)).

- Teil B: Detailliertere Angaben zu den in Teil A angeführten Punkten (z. B. Einhaltung von Grenzwerten und Normen, Rückbaumöglichkeiten ...).
- Teil C: Versicherungsgestützte Bau-Abnahme mit 10-Jahres-Garantie (Versicherung des bei Einhaltung der Normen bestehenden Restrisikos).

Teil A hat folgende Struktur:

- Dokumentation der Planungs- und Bauzeit
  1. eigentlicher Gebäudepass (Standort, Bauherr, Bauleiter, Liegenschaft, Gebäudebeschreibung, Baukonstruktion, Schallschutz...)
  2. Energiebedarfsausweis
  3. Planungs- und Ausführungsunterlagen (Lageplan, Baugenehmigung, Bauzeichnungen...)
  4. Technische Ausrüstung (Abwasser-, Wasser-, Gas-, Stromanlagen...)
  5. Ausbaustoffe (Baustoffe für den Innenausbau, z. B. Fußbodenbeläge, Fliesen..) und Einbauten (z. B. Armaturen, Einbaumöbel..)
  6. Beteiligte an Planung, Überwachung und Bauausführung
  7. Abnahmeprotokoll und Gewährleistungsfristen
- Dokumentation der Nutzungszeit
  8. Inspektion und Wartung (Wartungsplan)
  9. Nutzungskosten
  10. Durchgeführte Instandhaltung, Erhaltung, Modernisierung
  11. Fotodokumentation
- Vertragsdokumentation
  12. Verträge während Planung und Bausausführung (z. B. Grundstückskaufvertrag...)
  13. Finanzierung (Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Verträge mit Banken und Förderstellen)
  14. Versicherungen.

In Teil B werden Zusatzinformationen zur Bestimmung unter anderem folgender Kennzahlen gegeben: Heizwärmebedarf, Wassersparmaßnahmen, Schallschutz, Schadstoffemissionen, Standsicherheit, Hygiene, Brandschutz, Gesundheit, Wärmeschutz und Energieeinsparung (BEYER & KOPYTZIOK 2005). Tab. 21 zeigt am Beispiel „Bauweise“, welche Art an Zusatzinformation zu dokumentieren ist.

Tab. 21: Auszug aus der Vorlage für einen Gebäudepass (ARGE Gebäudepass 2005).

	Gebäudeinformationssystem Teil A	Gebäudeinformationssystem Teil B
2.6.1	kurze Beschreibung der Bauweisen	Baustoffe und Re-/Dekonstruktion der Bauteile. Aufbau der Bauteile mit möglichst genauer Angabe zu den Baustoffen und zu den Verbindungstechniken (Altbau: mit der Angabe, welche Bauteile/Teile von Bauteilen rückzubauen sind)
2.6.2		Installationsmaterialien (z. B. Leitungen)
2.6.3		Reparaturmöglichkeiten haustechnischer Anlagen



Noch einen Schritt weiter in Richtung ökologischer Gebäudepass geht die Österreichische ARGE Total Quality (BRUCK & GEISSLER 2002). Der TQ-Gebäudepass umfasst eine ökologische Bewertung des Gebäudes unter anderem nach folgenden Kriterien:

- Ressourcenschonung (z. B. Baustoffbewertung)
- Verminderung der Belastungen für Mensch und Umwelt (z. B. Abfallvermeidung)
- NutzerInnenkomfort
- Planungsqualität.

#### 4.2.4.2 Demolition Protocol

Als Instrument zur Erstellung eines Rückbaukonzeptes und zur Koordination mehrerer Partner, die am Rückbau und Neubau von Gebäuden beteiligt sind, wurde in Großbritannien das so genannte „Demolition Protocol“ entwickelt. Die Erstellung dieses Dokuments aus Sicht des Rückbauers besteht aus folgenden Teilschritten:

- Vor Rückbau eines Gebäudes werden ein Gebäudeaudit durchgeführt, die Massen, Qualitäten und möglichen Applikationen der vorhandenen Materialien bestimmt und ein Recycling Index Abbruch (RIA) als Maßzahl für die prozentualen Recycling- und Nutzungsmöglichkeiten errechnet.
- Erstellung eines Wiedernutzungsplanes unter Berücksichtigung von Neubauvorhaben und des Marktes für Recyclingprodukte.
- Rückbau mit dem Ziel, die bei der Erstellung des Recycling Index festgelegten Werte zu erreichen und Überprüfung der Baurestmassen-Qualitäten durch Tests.
- Erstellung der Unterlagen für den Materialtransfer und Management der zu behandelnden Abfälle.

Aus Sicht des Neubauers wird ein Recycling Index Neubau (RIN) als Prozentzahl, welcher Anteil der jeweiligen Baustoffe für den Neubau Recycling-Baustoffe sein können, bestimmt. Im „Demolition Protocol“ werden dann die „Angebote aus dem Rückbau“ mit den „Anforderungen aus dem Neubau“ abgeglichen (BEYER & KOPYTZIOK 2005).

#### 4.2.4.3 Rückbaukonzept

Für Information zum Rückbaukonzept sei auf das Kapitel 3.1.7.1 verwiesen.

Im Rahmen von Workshop 3 des Projektes „Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie“ wurden folgende Kriterien bzw. Maßnahmen zur Einführung eines Abfallvermeidungs- und -verwertungs-Gebäudepasses vorgeschlagen:

- Gesamtkostenrechnung über die gesamte Lebensdauer als Teil des Gebäudepasses;
- Unterschiedliche Klassifizierungen (Kennzeichnung von Gebäuden);
- Schadstofferkundung bei bestehenden Altbauten und laufende Aktualisierung bei Umbauten;
- Forschungsprojekt zur Entwicklung eines Gebäudepasses;
- Kooperation Wirtschaft, Verwaltung und technische Fachstellen zur Entwicklung und Einführung des Gebäudepasses;
- Einrichtung von zentralen Stellen zur Administration und Datenverwaltung.

Als Maßnahmen zur Einführung von Rückbaukonzepten wurden vorgeschlagen:

- Erstellung einer Rückbaufibel;
- Erstellung der Grundlagen für ein Abbruchkonzept (Checklist);
- Rückbaudeposit (bei Anmeldung des Abbruchs);
- Pilotprojekte zu selektivem Rückbau (Praxisbezug).

Als flankierende Maßnahmen für Gebäudepass und Rückbaukonzept wurden diskutiert:

- Ausbildung von Fachkompetenz bei Planern und Ausführenden;
- Implementierung in HTL und Architekturstudium;
- Kriterien für Wohnbauförderung (verpflichtend): Wohnbauförderung nach ökologischen Kriterien ausrichten;
- Verpflichtender Einsatz von bestimmten Prozentsätzen von Recycling-Baustoffen;
- Harmonisierung der Länder-Bauordnungen.

#### 4.2.5 Umsetzung der Kernstrategien

Zur Umsetzung der in Kapitel 4.2.2 angeführten Kernstrategien zur Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen gibt MUND (1996) eine Reihe von Empfehlungen für die Bauplaner, Architekten und Baumeister:

##### **Verankerung der Verantwortung für Abfallsammlung und -behandlung in Verträgen und Ausschreibungsunterlagen**

Bereits in der Leistungsbeschreibung eines Bauauftrages oder Abbruchauftrages sollten folgende Angaben enthalten sein:

- Hinweise auf die Vermeidung nicht notwendiger Verpackungen;
- Besondere Vorgaben für die getrennte Sammlung und Abfallbehandlung, sowie über Behandlungseinrichtungen auf der Baustelle;
- Angaben über die zu behandelnden Bauabfälle und Art sowie Umfang der Schadstoffbelastung vor Ort.

Im Bauvertrag ist festzulegen, ob die Bauleitung die getrennte Sammlung und Abfallbehandlung organisiert oder ob jedes am Bau beteiligte Unternehmen selbst dafür Sorge zu tragen hat. Jedenfalls sollte die Verantwortlichkeit so geregelt sein, dass der Verursacher auch die Kosten trägt (Verursacherprinzip) (MUND 1996).

##### **Planung der Abfallbehandlung**

Die Verantwortung für die Abfallbehandlung sollte vertraglich vereinbart werden und allen Beteiligten bekannt sein. Die abfallrechtlichen Vorgaben sind zu prüfen, ebenso wie Möglichkeiten Recyclingbörsen zu nutzen. Die Behandlungsanlagen, Anliefermodalitäten und weiteren Konditionen sind zu erkunden und die getrennte Erfassung der Bauabfälle darauf abzustimmen.

Speziell für den Bodenaushub sollte ein Verwertungskonzept erstellt werden, wobei zu berücksichtigen ist, ob mit unbelastetem und genügend standsicherem Bodenaushub ein Massenausgleich auf dem Baugelände selbst möglich ist.

Die Bestellung eines Abfallverantwortlichen ist zu empfehlen, da die Kontrolle der getrennten Sammlung und Abfallbehandlung unabdingbar ist. In der Rohbauphase sollte der Abfallverantwortliche ein Mitarbeiter des Baubüros sein, in der Ausbauphase ein Mitarbeiter des Architekturbüros.



Zu den Aufgaben des Abfallverantwortlichen gehören:

- die Information aller Beteiligten über Vermeidung und getrennte Erfassung von Bauabfällen;
- die Überwachung der getrennten Erfassung während des gesamten Bauablaufs;
- die allfällige Veranlassung des Nachsortierens;
- die Überwachung des Behälterfüllgrades und Koordination der Abfuhr.

Diese Tätigkeiten sind in den Bauablaufplan mit aufzunehmen. Die Erfordernisse der getrennten Erfassung von Bauabfällen sind im Baustelleneinrichtungsplan zu berücksichtigen (MUND 1996).

### **Die getrennte Erfassung von Bauabfällen**

Eine getrennte Erfassung der Bauabfälle sollte möglichst direkt auf der Baustelle erfolgen.

Für folgende Wertstoffe ist die getrennte Erfassung auf der Baustelle grundsätzlich praktikabel:

- Bauschutt
- Baustellenabfälle:
  - Wertstoffe Folien, Polystyrol, Papier/Pappe/Karton, Altmetalle
  - Unbehandeltes Holz, behandeltes Holz
  - Sonstige Baustellenabfälle
- Hausmüll
- Gefährliche Abfälle.

Die Behälter für die getrennte Erfassung sollten nicht zu groß bemessen werden, da häufiges Leeren eine bessere Kontrolle der Abfallverursacher ermöglicht. Kleine Baustellen kommen in der Regel mit maximal 5 m<sup>3</sup>-Behältern aus.

Wichtig sind die eindeutige, von weitem sichtbare Kennzeichnung der Behälter und die Aufstellung im Blickfeld der Bauleitung innerhalb des Bauzaunes (um Fremdbenutzung zu vermeiden) (MUND 1996).

Um alle Methoden einer effizienten abfallwirtschaftlichen Bauplanung und die notwendigen Planungsunterlagen in einem Abfallhandbuch für Hochbau zusammenzufassen, wurde das europäische Forschungsprojekt WAMBUCO gestartet. (BARTELT et al. 2003). Für Deutschland, Dänemark, Portugal, Spanien und Frankreich wird ermittelt:

- wo und wann welcher Abfall entsteht,
- wie man bereits in der Planung darauf einwirken kann, dass die Abfallmenge so gering wie möglich bleibt.

Abfallkennzahlen werden ermittelt und international Standards für die Abfallentsorgung erarbeitet sowie alle Informationen zur Einführung eines Abfallmanagements mit zentraler Entsorgungslogistik zusammengetragen.

## 4.3 Innovative Technologien

### 4.3.1 Nachwachsende Rohstoffe

Tab. 22 gibt einen Überblick über nachwachsende Rohstoffe, die heute zum Teil schon im Baubereich eingesetzt, für das Haus der Zukunft aber verstärkt weiterentwickelt werden. Von 136 Produkten, die im Rahmen einer Grundlagenstudie untersucht wurden (WIMMER et al. 2001) gelten 131 als wieder- oder weiterverwendbar. Die restlichen 5 können zumindest kompostiert werden.

Um einen stabilen Markt für diese neuen Baustoffe entwickeln zu können, müssen folgende Aspekte beachtet werden:

- Qualitätssicherung und umfassende Dokumentation der nachwachsenden Rohstoffe vom Feld in den Handel.
- Maßgeschneiderte Versorgungskonzepte für ein- und mehrjährige Kulturpflanzen.
- Vernetzung von Rohstoffbereitstellern und Verarbeitern.
- Sinnvolle Förderung und Erzielung angemessener Preise.
- Informations- und Erfahrungsaustausch unter allen Beteiligten (WIMMER, JANISCH et al. 2001).

Tab. 22: Beispiele nachwachsender Rohstoffe und ihres Einsatzes im Baubereich (aus WIMMER et al. 2001).

Nachwachsender Rohstoff	Anwendung
Holz	Statische Tragsysteme, Fertigteilsysteme, Fenster, Türen
Schafwolle, Flachs, Kokos, Hanf, Baumwolle	Wärmedämmung, Trittschalldämmung, Raumtextilien
Öle, Harze, Wachse (Leinöl-Standöl, Zimtöl, Eukalyptusöl, Safloröl)	Oberflächenbehandlungsmittel zur Verhinderung des Vergilbens von Oberflächen und zur Konservierung,
Carnaubawachs, Bienenwachs, Dammarharz, Schellack, Holzöl-Standöl, Latex, Kasein	Oberflächenvergütung
Orangenschalenöl, Terpentin	Lösungsmittel
Zellulose	Einblasdämmstoff, Baupapier, Luftdichtkeitsfolie, Dampfbremse, Faserverstärkung von Gipsplatten
Stroh	Wärmedämmung
Stärke	Stärkekleister als Bindemittel in Gipskartonplatten
Fettsäuren	Schmierstoffe, Schalöle



### 4.3.2 Holz als Baustoff

Bereits im traditionellen Hausbau, insbesondere beim Bau von Einfamilienhäusern wird Holz intensiv eingesetzt (siehe Tab. 23). 30 % der Fertigteilhäuser verwenden Holz als Bauwerks-Trägermaterial.

Die im April 2001 in Kraft getretene Novelle der Wiener Bauordnung lässt zum ersten Mal in Österreich 5-geschoßige Holzmischbauten (vier Holzgeschoße auf einem mineralischen Sockelgeschoß) zu (WINTER et al. 2001). Damit ergeben sich neue Möglichkeiten, Holz als Baustoff auch in mehrgeschoßigen Gebäuden einzusetzen.

Tab. 23: Übersicht konventioneller Holzeinsatzgebiete (BILITEWSKI et al. 1995).

Baubereich	Außenanwendungen	Verpackungen	Sonstiges
● Dachstühle	● Holzschwellen	● Holzkisten	● Holzmöbel
● Holzbalkendecken	● Holzmasten, -pfähle	● Holzpaletten	● Spielplatzgeräte
● Leichte Trennwände	● Holzzäune	● Kabeltrommeln	
● Holztüren, Holzfenster	● Holzverbretterungen		
● Holzbauten			
● Holzschalungen			

Abb. 25 zeigt die möglichen Holzbauweisen im Wohnbau:

- Beim **Rahmenbau** zeichnet sich die Tragstruktur durch tragende Rippen (Ständer) und beidseitige dünne Beplankungen aus, die zur Aussteifung, zur Reduzierung der Knicklänge und damit zur Abtragung waagrechter Lasten in der Wandebene dienen. Für die Rahmenbauweise spricht ihre hohe Flexibilität. Sie erlaubt große Dämmstoffdicken. Die vertikale Belastbarkeit ist jedoch beschränkt. Im mehrgeschoßigen Wohnbau müssen in den unteren Geschoßen stärkere Rippen eingesetzt werden, wodurch Standardkonstruktionen, die für den Familienhausbau entwickelt wurden, nicht auf der gesamten Gebäudehöhe genutzt werden können. Im Brandfall besteht aufgrund der „hohlen“ Bauweise die Gefahr der unkontrollierten Brandausbreitung und unerkannter Schwelbrände.
- Charakteristisch für den **Skelettbau** sind Stützen, die – verglichen mit dem Rahmenbau – in großen Rasterabständen angeordnet werden. Sie können geschoßhoch sein oder über alle Geschoße durchgehen. Die entstehenden Zwischenräume können verglast oder mit nichttragenden Füllungen geschlossen werden. Nichttragende Wände können unabhängig von der Stützenstellung stehen, wodurch die Grundrissgestaltung variabel bleibt.
- Die ein- oder mehrlagigen Aufbauten der **massiven Holzwände** werden durch Vernageln, Verdübeln oder Verleimen von stehenden oder liegenden Brettern, Kanthölzern oder Pfosten hergestellt. Bei vorgefertigten mehrschichtigen Massivholzplatten stehen Maximalgrößen von 3 x 15 Meter zur Verfügung. Zu den Vorteilen der Massivholzbauweise gehört der hohlraumarme Aufbau. Dadurch entsteht ein ausgeglichener Feuchtehaushalt, ein besseres Wärmespeichungsvermögen und es gibt keine „innere“ Brandweiterleitung (WINTER et al. 2001).

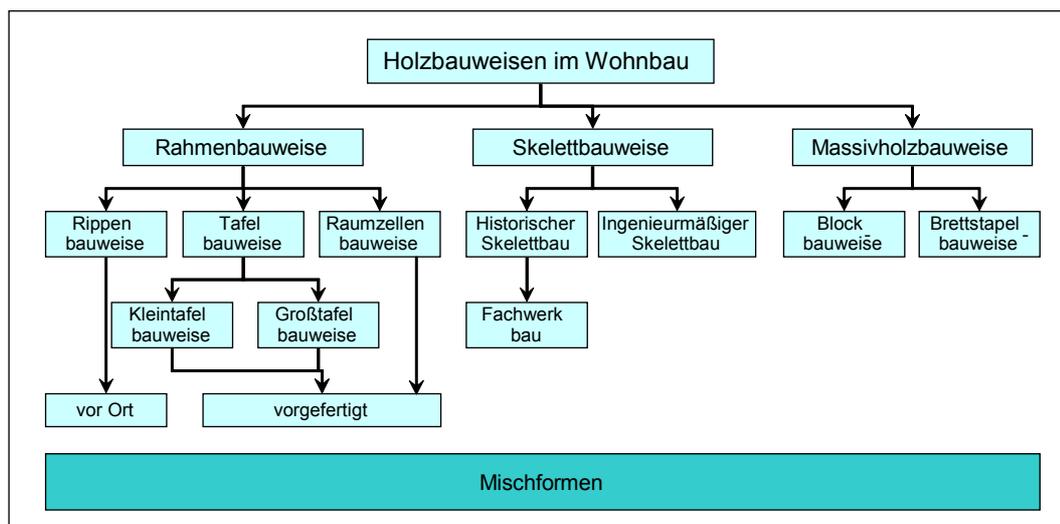


Abb. 25: Holzbauweisen im Wohnbau (WINTER et al. 2001).

Diese prinzipiellen Holzbauweisen können mit unterschiedlichen Dämmstoffen zu verschiedenen Wandaufbauten kombiniert werden (siehe Abb. 26).

Die positiven Eigenschaften von Holz als Baustoff (ERNST & DENKMAYR 2005):

- Holz fördert durch Feuchtigkeitsregulierung, warme Oberflächentemperatur und Wärmedämmung das subjektive Wohlbefinden.
- Die geringere Dichte von Holz ( $800 \text{ kg/m}^3$ ) gegenüber Beton ( $2.500 \text{ kg/m}^3$ ) führt zu einer „Entmaterialisierung“ der Bausubstanz und zu verringerten Transportkosten.
- Da es zum Großteil aus heimischen Wäldern stammt und die Veredelung vorwiegend im Inland stattfindet, sind sowohl die Transportwege kurz als auch der Wertschöpfungsbeitrag zur heimischen Volkswirtschaft bedeutend.
- Durch gute Vorfabrikationsmöglichkeiten liegt die durchschnittliche Bauzeit mit neun Monaten nur bei der Hälfte der bei Massivbauweise üblichen Bauzeit von 18 Monaten. Beim Massivbau kann es im ersten Jahr bei mangelnder Belüftung auch unbehaglich feucht sein. Beim trockenen Holzbau ist dies auszuschließen.
- Bei geeigneter Dämmung können die Betriebskosten niedrig gehalten werden.

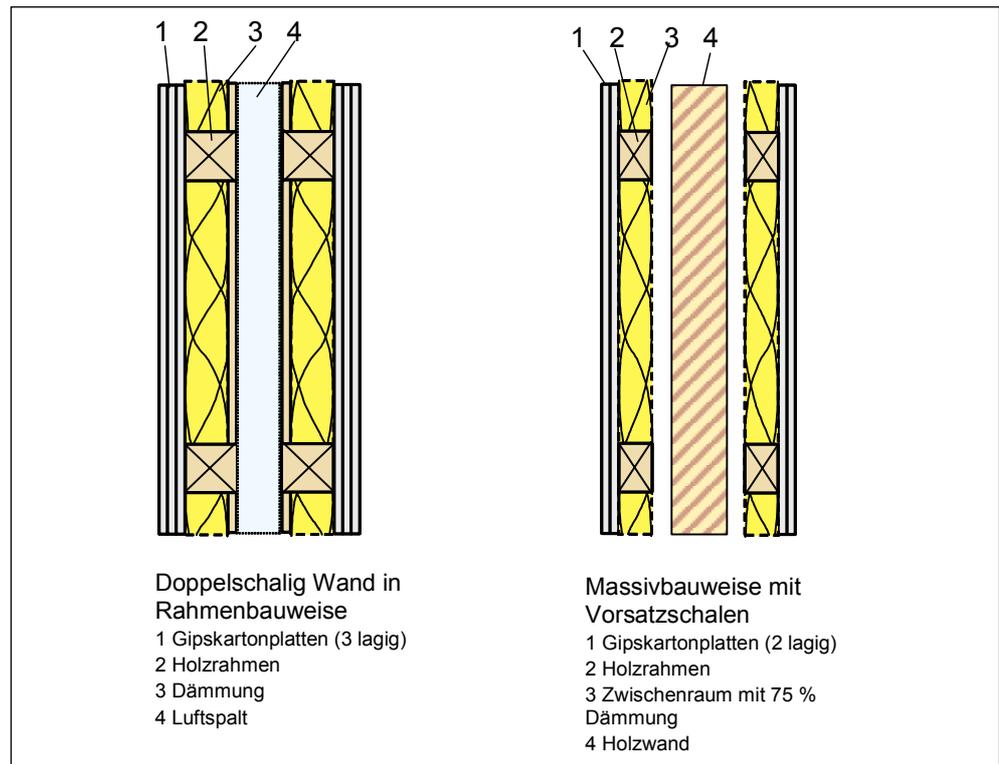


Abb. 26: Beispiele für Wandaufbauten in Holzbauweise (WINTER et al. 2001).

Diesen Vorteilen stehen einige Nachteile gegenüber:

- Holz muss gegen Feuchtigkeit, Brandgefahr und Mikroorganismenbefall geschützt werden.
- Altholz kann zwar prinzipiell recycelt werden. Die Trennung von Verunreinigungen ist aber nicht immer möglich (siehe Tab. 24). Insbesondere Holzschutzmittel und Klebstoffe können nicht mehr entfernt werden.

Unklar ist, ob die Holzbauweise noch um 10 bis 15 Prozent höhere Investitionskosten als vergleichbare mineralische Massivbauweise besitzt (ERNST & DENKMAYR 2005) oder optimierte Holzrahmenbauweisen und Massivholzwände bereits mit der Betonmassivbauweise kostenmäßig konkurrenzieren können (WINTER et al. 2001).

Tab. 24: Nicht-Holzbestandteile in Althölzern (BILITEWSKI et al. 1995).

Abtrennbare Bestandteile	Nicht oder kaum abtrennbare Bestandteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asbestteile</li> <li>● Asphalt</li> <li>● Fliesen, Gipsprodukte</li> <li>● Glas, Glasfaser</li> <li>● Kunststoff- und Metallteile</li> <li>● Linoleum und andere Fußbodenbeläge</li> <li>● Putz</li> <li>● Tapeten</li> <li>● Teerpappen</li> <li>● Zementteile, Ziegel</li> <li>● Sonstige mineralische Verschmutzungen-Beizen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bindemittel</li> <li>● Flammschutzmittel</li> <li>● Folien- und Furnierbeschichtungen</li> <li>● Holzschutzmittel</li> <li>● Klebstoffe</li> <li>● Lackanstriche</li> <li>● Sonstige Veredelungsmittel</li> <li>● Organische Verschmutzungen</li> </ul>

In Österreich laufen einige Pilot-Projekte die helfen sollen, die Nachteile der Holzbauweise zu überwinden und den Einsatz von Holz im Eigenheimwohnbau weiter zu intensivieren sowie auch auf den Mehrgeschoßwohnbau auszudehnen (ERNST & DENKMAYR 2005). Fördernde Faktoren für eine weitere Marktdurchdringung der Holzbauweise sind:

- Durch die weitere Marktentwicklung werden die Investitionskosten voraussichtlich sinken.
- Zur Erhöhung des Brandwiderstandes werden immer wieder neue Verfahren entwickelt. Aktuell werden die Holzplatten mit Gipskartonplatten beplankt und vernagelt, um Brandwiderstandszeiten von 180 Minuten zu erreichen, was jedoch die Wiederverwertbarkeit einschränkt.
- Anstelle von Verklebungen werden zunehmend lösbare mechanische Verbindungen eingesetzt.

### 4.3.3 Stroh als Baustoff

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Haus der Zukunft“ werden auch Stroh-wandsysteme entwickelt. Dabei wird Wert auf den weitgehenden Einsatz nachwachsender Rohstoffe, leichte Weiterverwendbarkeit und Recyclierbarkeit sowie auf die Vermeidung von metallischen Komponenten und fossilen Kunststoffen gelegt. Die Konstruktionen werden nach bauphysikalischen Kriterien optimiert und sollen Sicherheit und hohen Benutzerkomfort bieten (WIMMER et al. 2005).

Das Anwendungsgebiet von Stroh-wandsystemen reicht vom Einfamilienhaus über mehrgeschoßigen Wohnbau, Industriehallenbau bis zum landwirtschaftlichen Wirtschaftsbau. Die bestehenden konstruktiven Lösungen sind passivhaustauglich.

Die Stroh-wand ist eine Holzständerwand, die mit einer 34 cm starken Strohballedämmung versehen ist. Die Aussteifung erfolgt mit einer außen- und innenseitig angebrachten Diagonallattung (siehe Abb. 27). Technische Kennwerte der Strohballe sind in Tab. 25 zusammengefasst.

Die Konstruktionen sind luftdicht ausführbar. Durch diffusionsoffene Bauweise und luftdichte Konstruktion wird das Stroh wirksam gegen Feuchtigkeit geschützt und ein behagliches Raumklima geschaffen. Durch das hohe Austrocknungspotenzial werden die Wandaufbauten selbst durch kurzfristigen Wassereintritt z. B. durch einen Wasserrohrbruch nicht beeinträchtigt. Diese Eigenschaft verhindert auch Schimmelbefall in der Konstruktion (WIMMER, HOHENSINNER et al. 2001).

Zur Vermeidung metallischer Komponenten werden die Strohballe mit Hilfe von Strohschrauben aus einem Bio-Kunststoff befestigt (WIMMER et al. 2005).

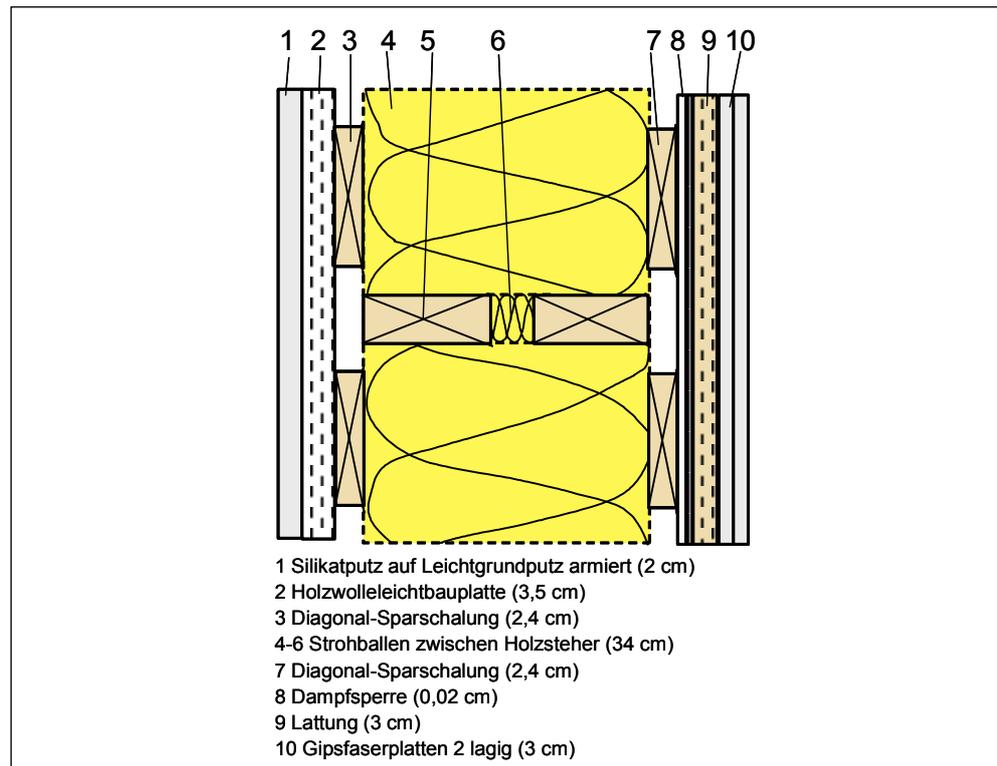


Abb. 27: Konstruktion einer Strohwand mit Holzständerbauweise, Putzfassade und Innenseitigen Gipsfaserplatten (WIMMER, HOHENSINNER et al. 2001).

Tab. 25: Technische Kennwerte von Strohballen (WIMMER, HOHENSINNER et al. 2001).

Kenngröße	Wert
Wärmeleitfähigkeit in W/mK	0,045
Diffusionswiderstandszahl	2,5
Brennbarkeitsklasse	B2
Dichte in kg/m <sup>3</sup>	100,8
Spezifische Wärmekapazität in kJ/kgK	2,0

#### 4.3.4 Bio-Kunststoffe

Bei Bio-Kunststoffen handelt es sich in erster Linie um Stärke, Zellulose, Milchsäure oder Polyhydroxyalkansäuren, die mikrobiell oder chemisch (durch Veresterung) so aufbereitet wurden, dass sie ähnliche Eigenschaften wie Kunststoffe aus fossilen Quellen besitzen. Die Vorteile der Bio-Kunststoffe liegen darin, dass sie

- aus erneuerbaren (eventuell heimischen) Ressourcen stammen und damit als CO<sub>2</sub>-neutral gelten;
- zum Teil aus Abfällen (z. B. zuckerhaltigen Abwässern) hergestellt werden können;
- so „zugeschnitten“ werden können, dass sie als Verpackungsmaterial beständig in einer Rotte aber innerhalb von 6 bis 12 Wochen biologisch abbaubar sind;
- zum Teil gut wasserdampfdurchlässig und atmungsaktiv (damit als Frischhaltefolien für Lebensmittel besonders geeignet)
- und für spezielle Anwendungen modifizierbar sind.

Einige Experten sind jedoch überzeugt, dass – unter Einrechnung von Boden- und Kunstdüngerverbrauch, Umweltbeeinträchtigungen sowie Energieaufwand für die Herstellung – die Lebenszyklusbilanz des Ressourcenverbrauchs bei Bio-Kunststoffen nicht günstiger ist als bei konventionellen Kunststoffen<sup>2</sup>. Auch steht noch nicht fest, ob man bei Anwendungen im Außenbereich ohne schadstoffhaltige Additive das Auslangen wird finden können.

Während die Produktion von Biokunststoffen in den frühen 1990er Jahren noch in der Pilotphase war, laufen heute bereits großtechnische Produktionen. Für die Zukunft wird erwartet, dass ca. 10 % der heute verwendeten Kunststoffe durch Bio-Kunststoffe ersetzt werden können. Weiters wird erwartet, dass Pflanzen Fasern aus Polyhydroxyalkanoaten direkt erzeugen können und dass Biokunststoffe durch Mischung mit natürlichen Pflanzenfasern (aus Flachs, Holz, Hanf usw.) neue Anwendungen finden werden (IBAW 2005b).

Tab. 26 zeigt eine Auswahl von Anwendungen der Bio-Kunststoffe, die heute bereits am Markt erhältlich sind oder in der Markteinführung stehen.

Für den Bereich Bauwerkstoffe gibt es bisher Anwendungen von naturfaserverstärkten Kunststoffen. Ein Einsatz von Biokunststoffen als Dämm-Material, als Beschichtungsmaterial und als Verpackungsmaterial erscheint aber durchaus als wahrscheinlich.

Tab. 26: Anwendungen von Bio-Kunststoffen (KÄB 2002; IBAW 2005a; IBAW 2005b; BARBER 2005).

Bio	KunststoffAnwendungen
Polymilchsäure	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bioabfallsammelsackerl</li> <li>● Lebensmittelverpackungen</li> <li>● „Plastik“-Sackerl</li> <li>● Blumenverpackungen</li> <li>● Flaschen (PET-Ersatz)</li> <li>● Wegwerftrinkbecher, -teller, -behälter, -besteck</li> <li>● Behälter mit UV-Schutz</li> <li>● CDs</li> <li>● Agrarfolien</li> <li>● Spielzeug</li> <li>● Atmungsaktive Sportkleidung</li> <li>● Implantate, Mundschutz, Handschuhe</li> </ul>
Polyhydroxyalkanoate	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Folien</li> <li>● Fasern</li> <li>● thermoplastische Werkstoffe oder Dispersionen für Klebstoffe oder Beschichtungen</li> </ul>
Zellulose(acetate)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lebensmittelverpackungen</li> <li>● Transportverpackungen</li> </ul>
Stärkederivate	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lebensmittelverpackungen</li> <li>● Transportverpackungen</li> <li>● Behälter</li> <li>● CDs</li> <li>● Schreibstifte</li> <li>● Reifenbestandteile zur Verringerung des Rollwiderstandes</li> </ul>

<sup>2</sup> Kopytziok, N.: persönliche Mitteilung, 20.01.2005

## 4.4 Players und Barriers

### 4.4.1 Die Akteure

Um eine abfallarme Bauwirtschaft zu erzielen, müssen alle an der Planung, dem Bau (direkt und indirekt), der Nutzung und dem Rückbau beteiligten Personen ihre Verantwortung übernehmen. Die Schlüsselpositionen nehmen dabei der Bauherr als Bedarfsträger und prinzipieller Entscheidungsträger, der Planer als Haupt-Entscheidungsunterstützer und die öffentliche Hand in ihrer Doppelrolle als größter Bauherr Österreichs und als Regelgeber ein. Abb. 28 gibt einen Überblick über die Akteure, die die Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen beeinflussen können.

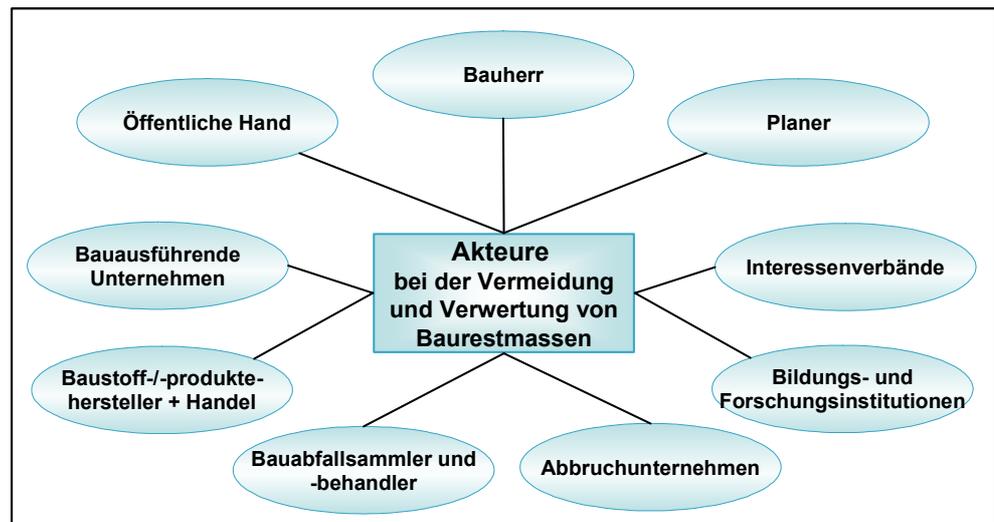


Abb. 28: Akteure, die auf die Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen hinwirken können (nach WALKER 2000).

Die wichtigste Rolle im Bauwesen hat der **Bauherr**. Er definiert, welche „Dienstleistungen“ das Bauwerk erfüllen soll. Sein Wertesystem entscheidet darüber, welche Funktion des Bauwerks für ihn leistbar und wünschenswert ist und welche nicht. Der Bauherr trifft die prinzipiellen Entscheidungen, wie abfallarm bzw. ökologisch ein Gebäude errichtet, betrieben und rückgebaut wird.

Der Bauherr trägt sowohl die grundsätzliche Planungsverantwortung als auch die Abfallbehandlungsverantwortung. Er kann mit der Bauplanung sowie mit der Erstellung und Ausführung des Abfallkonzeptes Dritte beauftragen. Dies entbindet ihn jedoch nicht von seiner rechtlichen Verantwortung im Sinne der Baurestmassentrennverordnung. Im Besonderen trägt der Bauherr auch die Überwachungsverantwortung für die ordnungsgemäße Verwertung bzw. gemeinwohlverträgliche Beseitigung der Abfälle einschließlich der Dokumentations- und Nachweispflichten.

In den meisten Fällen steht dem Bauherrn ein **Planer (Architekt)** zur Seite um die Planungsunterlagen zu erstellen und die Entscheidungsgrundlagen aufzubereiten. Der Planer muss sich zwar an die Vorgaben des Bauherrn halten, kann diesen aber meist mit seinen Vorstellungen und seiner Fachkompetenz entscheidend beeinflussen. So haben die Planer auch die Aufgabe dem Bauherrn zu zeigen, welches die abfallwirtschaftlichen Konsequenzen seiner Nutzungs-Vorstellungen sind.

Die Planungskosten machen zwar nur einen kleinen Teil der Lebenszykluskosten eines Gebäudes aus (siehe Tab. 27) (FECHNER et al. 2004b), mehr als 80 % aller die Nachhaltigkeit betreffenden Entscheidungen fallen aber in der Planungsphase. Umso wichtiger ist es, dass der Planer selbst eine gute, mit ökologischen Lehrinhalten ausgefüllte Ausbildung genossen hat. Zurzeit umfasst der Gegenstand Umwelt/Ökologie /Nachhaltigkeit in der Ziviltechniker-Ausbildung gerade zwei Unterrichtseinheiten. Viel zu wenig, um die Prinzipien und Möglichkeiten des abfallarmen Bauens umfassend zu vermitteln. Es bleibt somit dem privaten Interesse des Planers überlassen, wie weit er sich in Richtung abfallarmes Bauen selbst fortbildet.

Die Aufgaben, welche Bauherren und Planer gemeinsam zur Etablierung einer nachhaltigen Bauwirtschaft zu erfüllen haben, sind in Abb. 29 dargestellt.

Tab. 27: Anteil von Kostenarten an den Lebenszykluskosten eines Bauwerkes (FECHNER et al. 2004b).

Planungskosten	2 %
Errichtungskosten	15 %
Folgekosten	80 %
Abbruch und Abfallbehandlung	3 %
Lebenszykluskosten	100 %

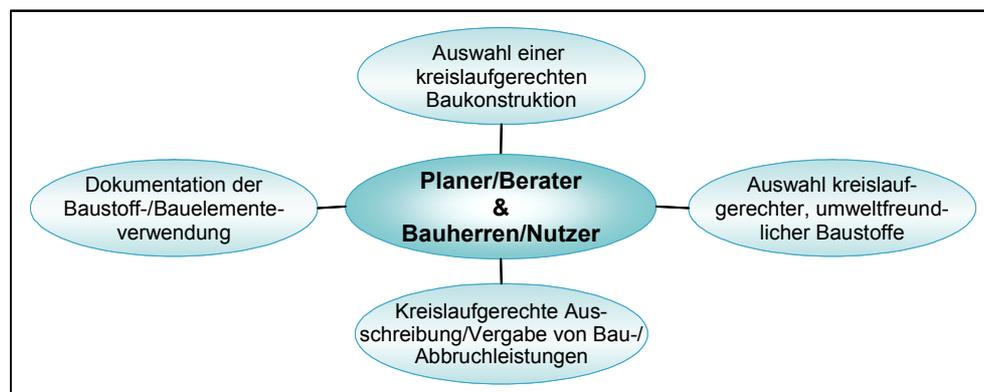


Abb. 29: Handlungsempfehlungen für die Förderung der Kreislaufschließung bei Baurestmassen durch Planer/Berater bzw. Bauherren und Nutzer (nach WALKER 2000).

Eine weitere Schlüsselrolle in der Bauwirtschaft und bei der Abfallvermeidungs- und -verwertung nimmt die **öffentliche Hand** ein. Sie vertritt die öffentlichen Interessen und die Umwelt und hat aus Sicht einer nachhaltigen Bauwirtschaft vier grundsätzliche Aufgaben zu erfüllen:

- Festlegung der Regeln durch Gesetze und Verordnungen,
- Überprüfung der Einhaltung der Regeln ,
- Unterstützung bei der Überwindung von Hemmnissen, die der Nachhaltigkeit entgegenstehen (siehe Abb. 30),
- und Bauherr für die größten Bauvorhaben Österreichs.

Von entscheidender Bedeutung für das Durchsetzen des abfallarmen Bauens ist die Entwicklung von verpflichtenden Regeln für die öffentliche Beschaffung bzw. für den öffentlichen Wohn-, Straßen- und Bahnbau. Neben Bundesbahn und Autobahn-

gesellschaften, Bundes- und Landeswohnbaugesellschaften sind auch noch eine Reihe von Energiegesellschaften mehrheitlich im Bundes- oder Landesbesitz. Insgesamt ist die öffentliche Hand – unter Einrechnung der Organisationen, die mehrheitlich im Staats- bzw. Landesbesitz sind – verantwortlich für 40 % des österreichischen Bauvolumens und damit der größte Bauherr Österreichs. Durch ihre starke Marktposition hat die öffentliche Hand die entscheidende Verantwortung zur Entwicklung einer nachhaltigen Bauwirtschaft.



Abb. 30: Verwaltungsaufgaben für die Förderung der Kreislaufschißung bei Baurestmassen durch die öffentliche Hand (nach WALKER 2000) (RC-Baustoffe = Recycling-Baustoffe).

Besonders hingewiesen sei auch auf die Rollen von Handel, Abfallwirtschaft, Forschungs- und Bildungsinstitutionen sowie der Interessenverbände. Der Handel ist dafür verantwortlich in welcher Form die Baustoffe und Produkte angeliefert werden. Handel und Abfallwirtschaft können zusammen dafür sorgen, dass Verpackungsmaterialien und Abfälle einer weiteren Verwendung zugeführt und die Dissipation von Schadstoffen bei der Abfallbehandlung auf einem Minimum gehalten werden. Einfluss besitzen auch Forschungs- und Bildungsinstitutionen, da sie die Voraussetzungen dafür schaffen, welche Produkte am Markt erhältlich sind und welche Methoden des abfallarmen Bauens überhaupt bekannt sind. Für das Informationsniveau und zum Teil auch für die Regeln, nach denen die Bauwirtschaft und die Abfallwirtschaft ablaufen, sind auch die Interessenverbände verantwortlich.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den möglichen Beitrag der Akteure

- Bauausführende Unternehmen
- Abbruchunternehmen
- Baustoff-/Bauproduktehersteller
- Bildungs-/Forschungsinstitutionen
- sowie Interessenverbände

für eine verbesserte Verwertung der Baurestmassen.

Baurestmassen – Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für Baurestmassen

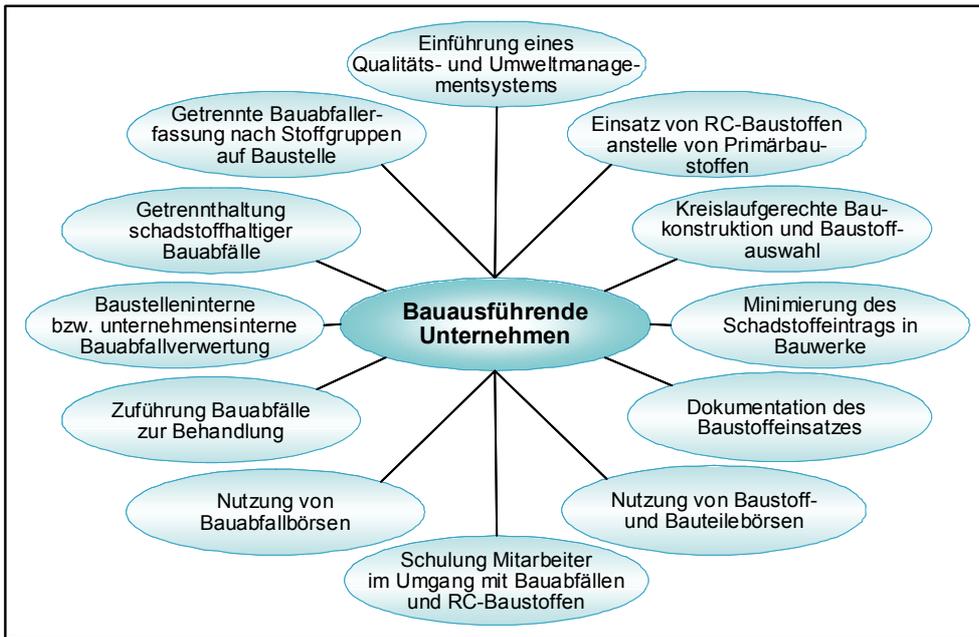


Abb. 31: Handlungsempfehlungen für die Förderung der Kreislaufschließung bei Baurestmassen durch bauausführende Unternehmen (nach WALKER 2000) (RC-Baustoffe = Recycling-Baustoffe).

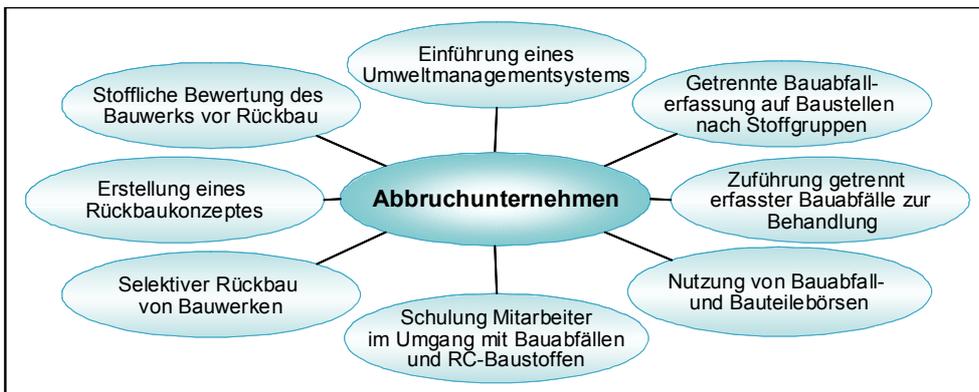


Abb. 32: Handlungsempfehlungen für die Förderung der Kreislaufschließung bei Baurestmassen durch Abbruchunternehmen (nach WALKER 2000).

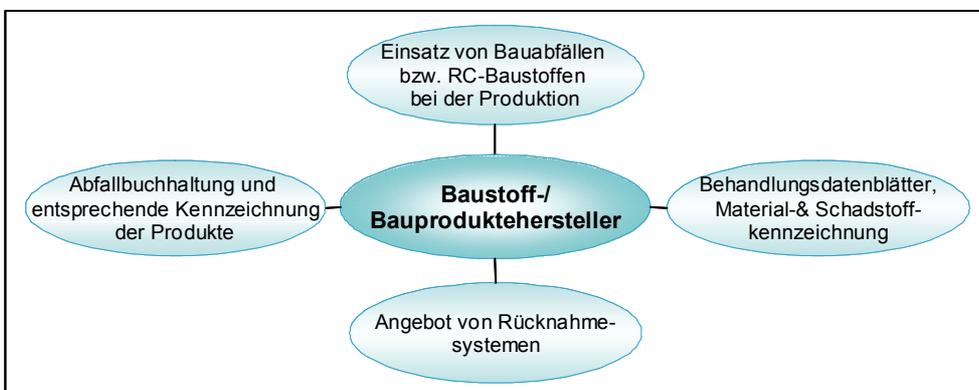


Abb. 33: Handlungsempfehlungen für die Förderung der Kreislaufschließung bei Baurestmassen durch Produzenten (nach WALKER 2000).



Abb. 34: Handlungsempfehlungen für die Förderung der Kreislaufschließung bei Baurestmassen durch Bildungs-/Forschungsinstitutionen (nach WALKER 2000).



Abb. 35: Handlungsempfehlungen für die Förderung der Kreislaufschließung bei Baurestmassen durch Interessenverbände (nach WALKER 2000).

Neben der übergeordneten Verantwortung des Bauherrn gilt das Verursacherprinzip. Das heißt, jene Person oder Firma, die den Abfall verursacht, ist auch für die Verwertung und Beseitigung des Abfalls verantwortlich und hat die entsprechenden Kosten zu tragen.

Bereits für die Produzenten (zum Beispiel von Baustoffen) gilt prinzipiell die Verantwortung für den gesamten Lebenszyklus seiner Produkte. Im Sinne der Strategie zur Integrierten Produktpolitik der Europäischen Kommission (EK 2003) erhebt das AWG im § 9 die Forderung „Durch die Verwendung von geeigneten Herstellungs-, Bearbeitungs-, Verarbeitungs- und Vertriebsformen, durch die Entwicklung geeigneter Arten und Formen von Produkten ... sollen die Mengen und die Schadstoffgehalte der Abfälle verringert und zur Nachhaltigkeit beigetragen werden.“

Bei der Nutzung der Produkte (das heißt während des Gebäudebaus, der Gebäudenutzung und des Rückbaus) ist jede Abfall verursachende Person oder Firma für die Behandlung des Abfalls selbst zuständig.

Hat der Bauherr einen Generalunternehmer beauftragt, die verschiedenen Firmen beim Bau, Umbau oder Rückbau zu koordinieren, so sollte der Generalunternehmer auch die Abfallbehandlung der verschiedenen Firmen koordinieren. Wurde kein Generalunternehmer bestimmt, so muss der Bauherr selbst die Koordination der Firmen in Bezug auf Abfallbehandlung übernehmen.

Sollten auf einem Grundstück gefährliche Abfälle oder Altöle widerrechtlich zurückgelassen werden, hat der Liegenschaftseigentümer diese auf seine Kosten zu entsorgen (§ 18 Abs. 2 AWG), sofern der Liegenschaftseigentümer zumutbare Abwehrmaßnahmen unterlassen hat (FECHNER et al. 2004b).

#### 4.4.2 Hemmnisse

Hier soll nun diskutiert werden, warum die in Kapitel 4.2.2 beschriebenen Kernstrategien des abfallarmen Bauens nicht schon längst im entsprechenden Umfang umgesetzt werden. Dem abfallarmen Bauen stehen Barrieren auf

- planerischer
- öffentlicher
- sozio-kultureller
- ökonomische
- technischer
- ökologischer
- und rechtlicher Ebene entgegen.

##### Planerisch-logistisch-organisatorische Barrieren

Bei Planern kann ein Mangel an Kenntnissen über die Methoden des abfallarmen Bauens, über die Qualität der Baustoffe in Richtung Schadstoffgehalte, Umweltverträglichkeit, Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit festgestellt werden. Dies ist einerseits auf mangelnde Ausbildung, andererseits auf die mangelnde Priorität von Umweltgesichtspunkten im Planungsprozess zurückzuführen. Beispielsweise wurden als wichtigste Bewertungsgesichtspunkte für die Auswahl von Baustoffen genannt:

- Raumbedarf, Abmessungen, zulässiges Gewicht.
- Verhalten unter äußeren Einflüssen (Kräfte, Strahlung, Wärme, Schall, Feuchte u. a.).
- Formänderungen unter verschiedenen Einflüssen und deren Kombinationen.
- Beständigkeit unter Dauereinwirkung von Einflüssen.
- Ergonomie, physiologische Eignung, Behaglichkeit, Sicherheit, Vermeidung von Schadstoffen, Recycling, Primärenergieinhalt u. a.
- Eignung für Formgebung, Fertigung, Lagerung, Transport, Montage, Verarbeitung.
- Wirtschaftlichkeit bezüglich Erst- und Folgekosten (LIPSMEIER 2004).

Das heißt, abfallwirtschaftliche Betrachtungen spielen in der baubetrieblichen Praxis im Regelfall eine eher untergeordnete Rolle.

Ein weiterer Grund für die mangelnde Fachkenntnis und Motivation ist die geringe Größe der am Bau beteiligten Firmen und die damit verbundene geringe Spezialisierung der Mitarbeiter. In der Regel werden 80 % der Leistungen im Hochbau von **klein- und mittelständischen Baubetrieben** ausgeführt. Die Unternehmen organisieren die Abfallentsorgung selbst: Jedes bestellt eigene Container, lässt eigene Mitarbeiter die Abfälle hineinwerfen und beauftragt die Abfuhr. Weil der **Platz** auf der Baustelle **begrenzt** ist, mangelt es an Stellfläche für die unterschiedlichen Abfallcontainer. Es besteht **keine Motivation** zur Trennung der Werkstoffe, also werden sie vor Ort vermischt. Die Abfuhr kleiner, unspezifischer Abfallmengen verursacht übermäßig hohe Entsorgungskosten und Transportemissionen.

Bei allen Verantwortlichen fehlen Planungs- und Ausführungskennnisse für eine abfallarme und recycling-optimierte Lösung. Planungshilfen zur Vermeidung von Abfällen, zu Organisationsformen und zur wirtschaftlichen Entscheidungsfindung für den Einsatz einer effizienten Abfallbehandlungsstrategie fehlen bisher (BARTELT et al. 2003).



Die wichtigsten planerisch-logistisch-organisatorischen Barrieren sind somit:

- Geringer Informationsstand und mangelnde Motivation;
- unzureichendes Qualitätsmanagement;
- unzureichende Kommunikation und Zusammenarbeit am Bau;
- unzureichende Möglichkeiten eine entsprechende Logistik für die getrennte Sammlung aufzubauen;
- geringe Einflussnahme Bauherr/Planer auf Baustoffauswahl/Bauabfallbehandlung;
- erhöhter Aufwand bei Umstellung von Primär- und Sekundärbaustoffen.

### **Barrieren der öffentlichen Hand**

Wie oben beschrieben, müsste die öffentliche Hand in ihrer Eigenschaft als Gesetzgeber und als größter Bauherr Österreichs imstande sein, eine nachhaltige Bauwirtschaft zu erzielen. Es gibt drei Hauptgründe, warum das noch nicht stattgefunden hat:

1. Die Regeln (Gesetze, Verordnungen, Normen, Standardwerke, Vergaberichtlinien, Musterleistungsbeschreibungen) enthalten – trotz viel versprechender Ansätze – noch nicht in ausreichendem Maße Bestimmungen zur Ökologisierung.
2. Die Budgetvorgaben lassen keine Zusatzausgaben für abfallarmes Bauen und ökologische Baustoffe zu.
3. Spätere Einsparungen während des Betriebes können wegen Budgetabgrenzungen, Kompetenzaufteilungen und dergleichen nicht höheren Investitionskosten gutgeschrieben werden.

### **Sozio-kulturelle Barrieren**

Die sozio-kulturellen Barrieren, die dem abfallarmen Bauen aus Sicht des Nutzers entgegenstehen, können daran illustriert werden, dass Einfamilienhäuser in der Gunst der Österreicher als ideale Wohnform weit über Reihenhäusern oder Mehrfamilienhäusern stehen. Gründe dafür sind:

- Erhöhter sozialer Status durch den Bau eines Einfamilienhauses nach dem Motto „Ich baue, also bin ich“.
- In geförderten Genossenschaftswohnungen werden vielfach nur Standard-Wohnungsgrößen (drei Zimmer) angeboten (TAPPEINER et al. 2002) – das heißt, es wird beim verdichteten Wohnbau zu wenig auf die individuellen Bedürfnisse der Bedarfsträger eingegangen.
- Es besteht Informationsmangel über die Kosten des Wohnens, insbesondere beim Vergleich Einfamilienhaus gegenüber verdichtetem Wohnbau, aber auch über erfolgreiche Pilotprojekte von innovativen Wohnbauten. Dieser Informationsmangel besteht sowohl bei Fachleuten als auch bei den zukünftigen Bewohnern (TAPPEINER et al. 2002).
- Gerade innovative Wohnbauten sind mit höheren Kosten und einer gewissen Unsicherheit behaftet, ob die errichteten Bauwerke auch die erwarteten Leistungen erfüllen werden. Der Bewohner wird daher eher konventionelle Wohnformen bevorzugen (TAPPEINER et al. 2002).

Aber auch aus Sicht der Planer und Bauausführenden ist oft mangelndes Interesse an umweltorientiertem Verhalten und geringe Akzeptanz für zusätzliche Aufwendungen im Dienste des Umweltschutzes sowie für die Verwendung von Recycling-Baustoffen festzustellen. Dies kann an folgendem Beispiel illustriert werden:

*„Ein Bauleiter in einer großen deutschen Stadt äußerte sich folgendermaßen:*

*„Es wird momentan immer härter hier. Abfall ist das letzte womit man sich hier beschäftigt.“*

*Dazu führt er drei wichtige Gründe an:*

- 1. Das Problem der Sauberkeit. „Wenn der Auftraggeber sagt: ‚Mann, ist die Baustelle dreckig!‘, dann muss alles weg, egal wie!‘*
- 2. Die Arbeitssicherheit, dass niemand über Herumliegendes stolpern darf, sonst sei er dran.*
- 3. Der personelle Aufwand.“ (MUND 1996)*

### **Ökonomische Barrieren**

Für die Abfallvermeidung durch abfallarmes Bauen bestehen zwei prinzipielle ökonomische Probleme:

1. Müssen (planerische) Zusatzaufwendungen und Zusatzinvestitionen heute getroffen werden, während die positiven Effekte oft erst viel später zu sehen sein werden
2. Der Zahler (der Bauherr), der heute für die zusätzlichen Investitionskosten aufkommen soll, ist nicht unbedingt der Begünstigte. Die Begünstigten sind meist die Umwelt, die Allgemeinheit und künftige Generationen.

Um Veränderungen zu finanzieren, die über den direkten Nutzen des Bauherrn und seinen Idealismus hinausgehen, müsste die öffentliche Hand zum Beispiel durch die Einführung ökologischer Kriterien in die Wohnbauförderung eingreifen.

Bei der Kostenminimierung auch bei öffentlichen Bauaufträgen werden in vielen Fällen kaum die Betriebskosten und die Entsorgungskosten in die Kalkulation mit einbezogen. Die volkswirtschaftlichen Lebenszykluskosten – wie Kosten für Umweltbeeinträchtigungen, Nachsorge, Ressourcenverbrauch oder soziale Kosten – bleiben in der Regel gänzlich unberücksichtigt. Die Internalisierung der externen volkswirtschaftlichen Kosten könnte Abhilfe schaffen. Die Maßnahme, dass die Deponierung von Erdaushub, der beträchtliche Anteile an mineralischen Baurestmassen enthält, auf Baurestmassendeponien ab 1.1.2006 von der ALSAG-Beitragspflicht ausgenommen sein wird, wird in diesem Sinne als kontraproduktiv bewertet (vgl. § 2 Abs. 16 und § 3 Abs. 1a Z. 6 Deponieverordnung in der Fassung ab 1.1.2006).

Für die getrennte Sammlung auf Baustellen bei Neubau und Rückbau ist es aufgrund unübersichtlicher Abfallbehandlungs-Gebühren und -Beiträge oft nicht leicht feststellbar, bis zu welchem Trennungsgrad sich der zusätzliche Aufwand für die getrennte Sammlung rechnet.

- *„Die Kosten für die getrennte Sammlung und Behandlung von Baustellenabfällen liegen bei 0,5–3 % der gesamten Baukosten und sind somit ein eher kleiner, aber keineswegs zu vernachlässigender Faktor. Durch getrennte Sammlung lassen sich diese Kosten zumindest auf die Hälfte, maximal auf ein Drittel reduzieren.“ (MUND 1996).*
- Eine andere Berechnung ergibt, dass sich ab Abfallbeseitigungskosten von ca. 45 €/t die getrennte Sammlung rechnet (LIPSMEIER 2004) (siehe Abb. 36).

Wenn man dem die österreichischen Deponiegebühren und ALSAG-Beiträge gegenüberstellt (siehe Tab. 28) ist die wahrscheinlich günstigste Lösung, die mineralischen Baurestmassen so getrennt zu sammeln, dass der TOC (organische Kohlenstoffanteil) kleiner als 3 % ist und darüber hinaus nur jene Fraktionen getrennt zu sammeln, die sich ohne großen Aufwand trennen lassen. Eine Optimierung der getrennten Sammlung im Voraus, das heißt eine Berechnung, bei der getrennten Sammlung welcher Fraktionen diese Trennung noch wirtschaftlich ist, lässt sich aber nur mit Hilfe von Versuchen und Testanalysen zur Bestimmung der Abfallzusammensetzung und des Eluatverhaltens mit und ohne getrennter Sammlung durchführen.

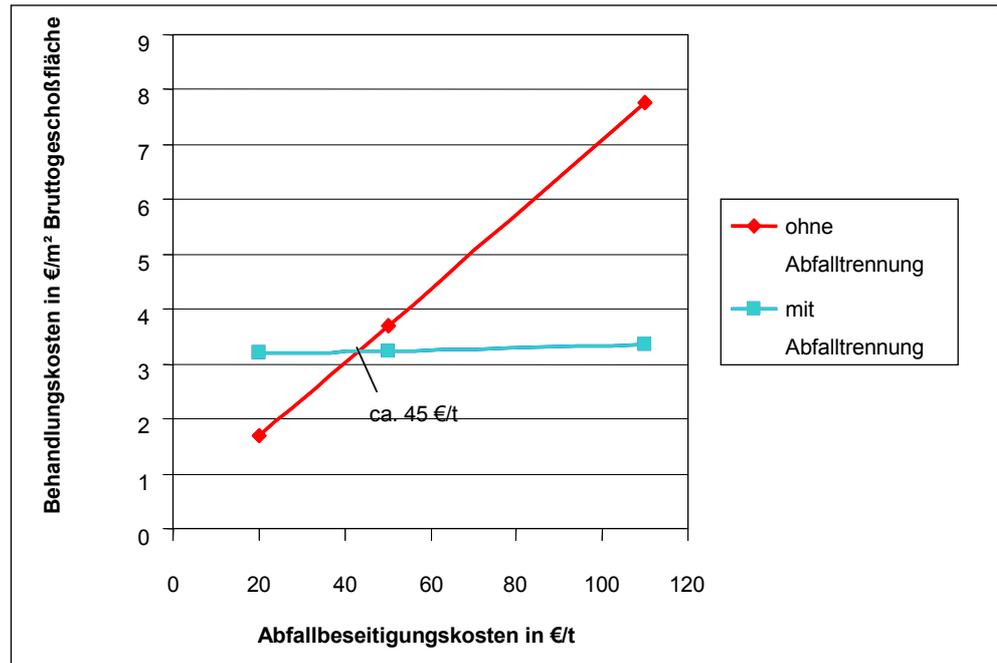


Abb. 36: Behandlungskosten für Baustellenabfälle beim Neubau eines Bürogebäudes mit hohem Ausstattungsgrad (LIPSMEIER2004).

Im Bereich der Marktentwicklung für Recycling-Baustoffe bestehen folgende ökonomische Barrieren:

- Annahmgebühren und -bedingungen für Abfallbehandlung regional uneinheitlich und zum Teil zu gering;
- Geringe Nachfrage nach mineralischen RC-Baustoffen infolge mangelnder Akzeptanz, daher Marktpreis unter Primärbaustoffpreis;
- Transportkostenempfindlichkeit der Bauabfälle und RC-Baustoffe;
- Mineralische Baustoffe bieten kaum Differenzierungspotenziale (daher schwierige Marktentwicklung);
- Bei regionalen Märkten nur eingeschränkte Möglichkeiten der Kommunikationspolitik;
- Subventionierung industrieller Nebenprodukte;
- Hohe Investitionskosten für Dosiereinrichtungen bei Einsatz von Primär- und RC-Zuschlägen zur Betonherstellung.

Tab. 28: Gebühren und Beiträge für Abfallbehandlung (FECHNER ET AL. 2004b; ZÄHRER 2004; BUCHER 2004; BUCHINGER 2004).

ALSAG-Beitrag 1.1.2004–31.12.2005	Gebührenhöhe in €/t
Baurestmassen oder Erdaushub	7,2
Erdaushub wenn nicht baurestmassendeponiefähig	21,8
Mineralische Abfälle (TOC < 3 %, Summe KW < 200 mg/kg)	14,5
Abfälle aus der thermischen Behandlung	0
Abfälle aus der MBA	21
Alle übrigen Abfälle	65
<b>Gebühren für die Übernahme/Deponierung von Bauschutt</b>	
Bauschutt sortiert, verunreinigt mit weniger als 5 Vol-% nicht verwertbarer Baurestmassen	rund 10
Bauschutt unsortiert, verunreinigt mit 5–10 Vol-% nicht verwertbarer Baurestmassen	rund 20
Bauschutt stark verschmutzt, verunreinigt mit 10–50 Vol-% nicht verwertbarer Baurestmassen	rund 75
Bauschutt stark verschmutzt, verunreinigt mit mehr als 50 Vol-% nicht verwertbarer Baurestmassen	rund 160

### Technische Barrieren

Im Kapitel 4.3 wurden einige innovative Technologien beschrieben, die das abfallarme Bauen unterstützen könnten. Darüber hinaus gibt es noch eine Unzahl an weiteren technologischen Entwicklungen, die auf die eine oder andere Art zu einer Verminderung der Baurestmassen und zur Wiedernutzung der Baustoffe beitragen könnten. Jedoch kann für viele dieser innovativen Technologien erst nach jahrzehntelanger Nutzung eindeutig festgestellt werden, ob sie mehr Vorteile als Nachteile besitzen. Für die Weiterentwicklung, die Erzielung der Industriereife und für die Markteinführung sind einige Aufwendungen notwendig. Es braucht also einiges an Investitionsbereitschaft im materiellen und im ideellen Sinn, um innovative Technologien weiterzuentwickeln.

Für das getrennte Sammeln ist die größte technische Barriere die Abstimmung zwischen den Möglichkeiten der Baustelle und den technischen Optionen für die Sortierinseln.

Für die Verwendung von Recycling-Baustoffen liegen die technischen Barrieren in erster Linie im mangelnden Wissen über die Zusammensetzung und das technische Verhalten von nicht-zertifizierten RC-Baustoffen. Dies und der Mangel an Information über das Abfallaufkommen und die Umweltbeeinträchtigungen bei der Produktion von Primärbaustoffen sind auch die primären **ökologischen Barrieren** für ein abfallarmes Bauen.

## Rechtliche Barrieren

Rechtliche Barrieren für ein abfallarmes Bauen sind:

- mangelnde Verpflichtung des Bauherrn (in abfallwirtschaftlichen Gesetzen) abfallarm zu bauen;
- fehlende Kennzeichnungspflicht über Abfallaufkommen und Umweltbeeinträchtigung bei Produktion von Primärbaustoffen;
- fehlender Produktstatus (Abfallende) für Altbaustoffe, die als qualitätsgesicherte Recyclingmaterialien wieder eingesetzt werden sollen;
- fehlende Pflicht die Abfallzusammensetzung zu dokumentieren;
- fehlende verpflichtende Grenzwerte für Schadstoffe in Recycling-Baustoffen;
- Wohnbauförderung an Stelle von Wohnförderung (die Errichtung neuer Bausubstanz wird in viel höherem Maße gefördert als die Erhaltung, Umgestaltung und Umnutzung von Wohnraum);
- fehlende/mangelnde Berücksichtigung der Abfallvermeidung im Allgemeinen und der Prinzipien des abfallarmen Bauens im Besonderen in den Landesbauordnungen;
- fehlende/mangelnde Verpflichtungen zu abfallarmem Bauen in Vergabevorschriften.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich aus Sicht der Bauwirtschaft Vorgaben der Gesetzgeber in Bezug auf Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Bauabfällen nur in dem Maße durchsetzen werden, wie sich für die Betroffenen Kostenvorteile ergeben (MUND 1996).

## Übersicht über die Barrieren und den Handlungsbedarf

Stellvertretend für die fördernden und hemmenden Faktoren des abfallarmen Bauens sind in Tab. 29 die fördernden und hemmenden Faktoren für einen vermehrten Einsatz von Recycling-Baustoffen in der österreichischen Bauwirtschaft zusammengefasst. Der entsprechende Handlungsbedarf ist in Abb. 37 dargestellt.

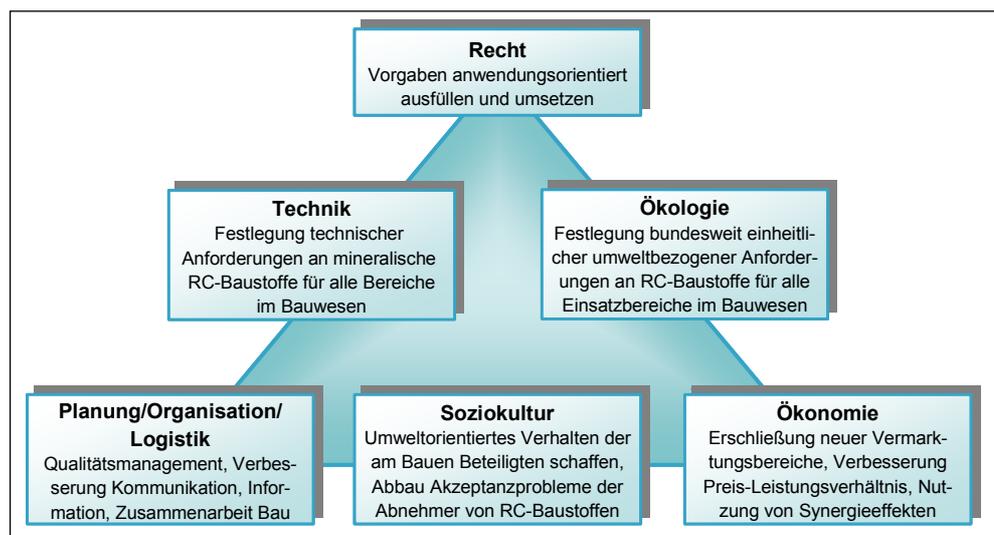


Abb. 37: Handlungsbedarf hinsichtlich der Optimierung der Verwertung und Vermarktung mineralischer Baustoffe aus Bauabfällen (WALKER 2000).

Tab. 29: Fördernde und hemmende Faktoren beim Einsatz von Recycling-Baustoffen (zum Teil nach WALKER 2000).

<b>Einflüsse aus planerischer/organisatorischer/logistischer Sicht</b>	
<b>Fördernde Wirkung</b>	<b>Hemmende Wirkung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Maßnahmen zur Verbesserung der Bauabfallqualität sowie zur Verbesserung und Gewährleistung der Qualität der RC-Baustoffe</li> <li>● Kopplung der Transportvorgänge bei der Bauabfallbehandlung/ Baustoffversorgung</li> <li>● Nutzung von Bauabfall- bzw. Baustoffbörsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mangelnde Zusammenarbeit der am Bauen Beteiligten</li> <li>● Geringe Einflussnahme Bauherr/Planer auf Baustoffauswahl/Bauabfallentsorgung</li> <li>● Erhöhter Aufwand bei Umstellung von Primär- und Sekundärbaustoffen</li> </ul>
<b>Einflüsse aus Sicht der öffentlichen Verwaltung</b>	
<b>Fördernde Wirkung</b>	<b>Hemmende Wirkung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Marktführer als Bauherr</li> <li>● Öffentliche Ausschreibungen mit Vorgaben zu abfallarmem Bauen und Verwendung von Recycling-Baustoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kompetenzsplitting</li> <li>● Mangel der Möglichkeit, Vorteil später höheren Kosten jetzt anzurechnen</li> </ul>
<b>Einflüsse aus sozio-kultureller Sicht</b>	
<b>Fördernde Wirkung</b>	<b>Hemmende Wirkung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Schaffung von Umweltbewusstsein und umweltorientiertem Verhalten bei den am Bauen Beteiligten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fehlende Akzeptanz bezüglich der RC-Baustoffe bei direkten und indirekten Baustoffabnehmern</li> <li>● Fehlendes umweltorientiertes Verhalten der am Bauen Beteiligten durch mangelnde Sensibilisierung für Bauabfallproblematik sowie für Rohstoff- und Deponieraumsituation</li> </ul>
<b>Einflüsse aus ökonomischer Sicht</b>	
<b>Fördernde Wirkung</b>	<b>Hemmende Wirkung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Qualitätssicherung RC-Baustoffe</li> <li>● Erschließung neuer Verwertungs- und Vermarktungsbereiche</li> <li>● Bauabfall- und Baustoffbörsen zur Koordination von Angebot und Nachfrage</li> <li>● Direktabsatz RC-Baustoffe</li> <li>● Große Produktpalette</li> <li>● Geeignete Standortwahl für Aufbereitungsanlage</li> <li>● Nutzung von Synergieeffekten durch den Zusammenschluss von Unternehmen (Bauabfallerzeuger, Bauabfallentsorger, Baustoffabnehmer, Primärbaustoffhersteller)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Annahmgebühren und -bedingungen für Abfallbehandlung regional uneinheitlich und zum Teil zu gering</li> <li>● Geringe Nachfrage nach mineralischen RC-Baustoffen infolge mangelnder Akzeptanz, daher Marktpreis unter Primärbaustoffpreis</li> <li>● Transportkostenempfindlichkeit der Bauabfälle und RC-Baustoffe</li> <li>● Mineralische Baustoffe bieten kaum Differenzierungspotenziale (daher schwierige Marktentwicklung)</li> <li>● Bei regionalen Märkten nur eingeschränkte Möglichkeiten der Kommunikationspolitik</li> <li>● Subventionierung industrieller Nebenprodukte</li> <li>● Hohe Investitionskosten für Dosiereinrichtungen bei Einsatz von Primär- und RC-Zuschlägen zur Betonherstellung</li> </ul>




---

### **Einflüsse aus technischer Sicht**

---

#### **Fördernde Wirkung**

- vorhandene ausgereifte Aufbereitungstechnologie
- Forschung und Entwicklung hinsichtlich der Erschließung hochwertiger Verwertungsmöglichkeiten für mineralische RC-Baustoffe anstelle „Downcycling“ mit den zugehörigen technischen Anforderungen (z. B. Beton-, Kanal- und Deponiebau, Baustoffherstellung)

#### **Hemmende Wirkung**

- Fehlende spezielle technische Anforderungen an RC-Baustoffe beim Einsatz bei privaten Baumaßnahmen
  - Fehlende technische Anforderungen an nicht güteüberwachte RC-Baustoffe
- 

### **Einflüsse aus ökologischer Sicht**

---

#### **Fördernde Wirkung**

- Begrenzte Verfügbarkeit von Deponieraum
- Begrenzte Verfügbarkeit mineralischer Rohstoffvorkommen
- Maßnahmen zur Verbesserung der wasserwirtschaftlich relevanten Eigenschaften mineralischer RC-Baustoffe

#### **Hemmende Wirkung**

- Uneinheitliche und teilweise fehlende wasserwirtschaftliche bzw. umweltbezogene Anforderungen an mineralische RC-Baustoffe
- 

### **Einflüsse aus rechtlicher Sicht**

---

#### **Fördernde Wirkung**

- Abfallwirtschaftsgesetz:  
= Abfallvermeidung und -verwertung als Grundsätze, die Ziele der Abfallwirtschaft zu erreichen  
= Anwendung des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit  
= Verwertungsgebot für Baurestmassen
- Baurestmassentrennverordnung:  
= Verpflichtende getrennte Sammlung und Verwertungsgebot
- Abfallnachweisverordnung:  
= Aufzeichnungspflicht
- Richtlinie für Qualitäts-Recycling-Baustoffe:  
= Qualitätsstandards und Grenzwerte für Qualitäts-RC-Baustoffe

#### **Hemmende Wirkung**

- fehlende Pflicht, Baustoffe dahingehend zu kennzeichnen, dass das Abfallaufkommen und die Umweltbeeinträchtigungen während der Produktion des Baustoffes ersichtlich sind
  - fehlende Abfallendebestimmung
  - fehlende Pflicht, Abfallzusammensetzung zu dokumentieren
  - fehlende verpflichtende Grenzwerte für Schadstoffe in Recycling-Baustoffen
- 

## **4.5 Maßnahmen der Abfallwirtschaft und der öffentlichen Hand**

Damit die in Kapitel 4.2.2 beschriebenen Prinzipien und Strategien des abfallarmen Bauens angewandt und die oben geschilderten Barrieren überwunden werden können muss eine Reihe von Voraussetzungen geschaffen werden. Dazu zählen:

- Informationen müssen den Planern, Entscheidungsträgern und Bauausführenden zugänglich und bekannt sein
- über die Prinzipien und Techniken des abfallarmen Bauens,



- über Baustoffzusammensetzungen sowie den Abfallanfall bei der Herstellung der Baustoffe,
- über die Möglichkeiten der getrennten Sammlung,
- über das beste Rückbauverfahren
- und über die neuerliche Einsatzmöglichkeit und Verwertung der erschlossenen Bauteile und Baustoffe.
- Innovative Technologien müssen die Marktreife erlangen.
- Sortierinseln müssen auf der Baustelle beim Neubau, beim Umbau und beim Rückbau in ausreichender Vielfalt und Kapazität vorhanden sein.
- Es muss die Sicherheit vorhanden sein, dass nur schadstoffarme Baustoffe und Recycling-Baustoffe im Umlauf sind.
- Abfallarmes Bauen, Abfalltrennung und hochwertiges Recycling der Baustoffe müssen sich rechnen.

Um diese Voraussetzungen zu schaffen, sollte die öffentliche Hand in Zusammenarbeit mit der Abfallwirtschaft eine Reihe von Maßnahmen ergreifen.

Für diese Maßnahmen gibt es drei Zielrichtungen:

- Förderung der in Kapitel 4.2 geschilderten Methoden des abfallarmen Bauens und von innovativen Technologien, die zu Nutzungsverlängerung und Abfallvermeidung führen,
- Förderung der getrennten Sammlung auf Baustellen und des Selektiven Rückbaus,
- sowie Förderung der Recycling-Baustoffe

und drei prinzipielle Ansatzpunkte:

- Erhöhung des Informationsstandes,
- Unterstützung der Technologieentwicklung und Überwindung der Markteintrittsbarrieren,
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

Bei der Maßnahmenentwicklung und bei der Mittelbereitstellung zur Hebung der Wirtschaftlichkeit von Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen sollte der arbeitsmarktpolitische und soziale Effekt eines Ersatzes von Ressourcen durch Arbeit im Rahmen der Bestandspflege von Gebäuden erkannt und genutzt werden (KOPYTZIOK & LINDEN 1999; KOPYTZIOK 2000).

Die öffentliche Hand ist mit einem Marktanteil von 40 % der größte Bauherr Österreichs. Sie trägt die Verantwortung für die Errichtung und den Betrieb der öffentlichen Infrastruktur. Diese umfasst im Tiefbau neben Straßen, Tunnel, Brücken und Schienennetz, Hochspannungsleitungen, Telefonverbindungen, Flussregulierungen und Kanalbau. Im Hochbau werden im öffentlichen Auftrag auf Gemeinde-, Landes- und Bundesebene oder indirekt über Beteiligungen an Unternehmen, Schulen und Universitäten, Krankenhäuser, Justizanstalten, Landesverteidigungseinrichtungen, Amtsgebäude, Bürogebäude, Kraftwerke, Abfallbehandlungsanlagen und vieles andere mehr errichtet. Zu den Unternehmen, an denen die öffentliche Hand beteiligt ist, gehören die meisten Energieversorgungsunternehmen, die ÖBB, die Post und Telekom, die Austrian Airlines, Baufinanzierungs- und Baugesellschaften und Industriebetriebe – wie OMV, voestalpine oder VA Technologie. Mit letzteren hat die öffentliche Hand auch großen Einfluss auf den Industriebau.



Insgesamt hat die öffentliche Hand ausgezeichnete Möglichkeiten und damit auch die Verantwortung beispielgebend im eigenen Bereich, bei öffentlichen Bauaufträgen und über Beteiligungen die Prinzipien des abfallarmen Bauens und die Förderung von Recycling-Baustoffen einzuführen und umzusetzen. Ein erster Schritt wäre die Stärkung von ökologischen Kriterien im öffentlichen Vergaberecht und Musterleistungsverzeichnissen.

Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt, auf dem die Maßnahmen zur Ökologisierung des Bauwesens aufbauen sollten, ist die Möglichkeit, dass Planer während des Entscheidungsfindungsprozesses den Bauherrn an die Potenziale des abfallarmen Bauens heranführen und die Bereitschaft entwickeln können, im Sinne des nachhaltigen Bauens effiziente Zusatzinvestitionen zu tätigen und auf recyclinggerechtes Bauen zu achten.

#### 4.5.1 Maßnahmen zur Erhöhung des Informationsstandes

##### Informationsprogramme für Professionisten und Bedarfsträgern

Es ist notwendig, sowohl den Informationsstand der Professionisten als auch der Bedarfsträger zu steigern. Der Lehrinhalt „Abfallarmes Bauen“ sollte in die Lehrpläne sowohl der Höheren Technischen Lehranstalten als auch der Architektur- und Bauingenieurstudien verstärkt aufgenommen werden. Dabei ist auf die Schlüsselposition von ArchitektInnen für die weitere Verbreitung von Informationen auch an die zukünftigen Nutzer Bedacht zu nehmen. Berufsbegleitende Fortbildung könnte im Rahmen von Planungszirkeln für Architekten und Umweltberater stattfinden.

Auch im Bereich der Information der Bevölkerung über die (Lebenszyklus)-Kosten des Wohnens (in Einfamilienhäusern und beim verdichteten Wohnbau) sind Bildungsmaßnahmen wichtig. Eine zielgerichtete Wohnbauförderung alleine wirkt nur kurzfristig, langfristig wirkt nur Bildung. Eine Kombination beider Instrumente ist erforderlich (TAPPEINER et al. 2002). Zur Information der Bevölkerung könnte eine Beratungsstelle eingerichtet werden.

##### Pilotprojekte

Für die Weiterentwicklung innovativer Wohnformen ist es notwendig weitere Pilotprojekte durchzuführen, bis echte Marktreife erzielt wird und die Ergebnisse in der Fachwelt durch verstärkte Informationsprogramme zu kommunizieren (TAPPEINER et al. 2002).

Gegenstände dieser Pilotprojekte sollten sein:

- Die Entwicklung eines Gebäudepasses bzw. Gebäudeinformationssystems (siehe nächste Seite).
- Die Entwicklung von Technologien und Gebäuden nach den Prinzipien des abfallarmen Bauens.
- Die Optimierung von Sortierinseln.
- Die Aufwandsbestimmung für den selektiven Rückbau.
- Die Entwicklung von Standards für die Wiederverwendung und das hochwertige Recycling von Altbaustoffen und Bauteilen.

### **Gebäudepass (Gebäudeinformationssystem)**

Aus dem Konzept des Gebäudepasses mit Energiekennzahlen könnte ein Gebäudeinformationssystem entwickelt werden, in dem die verwendeten Baustoffe, deren Zusammensetzungen, Wartungs- und Demontageanleitungen sowie Verwertungsoptionen dokumentiert sind. Dieses Informationssystem wäre bei Umbauten zu aktualisieren. Weiters wären neben den Kosten der Erstinvestition die Betriebs- und Instandhaltungskosten zu dokumentieren, sodass abfallwirtschaftliche Kennzahlen zu berechnen wären. Daraus könnten Gebäudeklassifizierungen abgeleitet werden. Die Datenhaltung könnte an einer zentralen Stelle erfolgen

Zur Entwicklung des Gebäudeinformationssystems sollte ein Forschungs-/Pilotprojekt initiiert und die Kooperation mit der Abfall- und Bauwirtschaft sowie Forschung gesucht werden.

Erarbeitung eines **Abfallhandbuches** nach dem Vorbild des Projektes WAMBUCO BARTELT et al. 2003) für österreichische Verhältnisse. Dieses Abfallhandbuch sollte folgende Planungshilfen enthalten:

- Vorschläge zu Organisationsformen,
- Anleitungen zur Einführung eines Abfallmanagements mit zentraler Entsorgungslogistik,
- Empfehlungen zur Vermeidung von Abfällen,
- Anweisungen zur Ermittlung abfallarmer und recycling-optimierter Lösungen,
- Grundlagen für wirtschaftliche Entscheidungsfindung für den Einsatz einer effizienten Abfallbehandlungsstrategie,
- Abfallkennzahlen,
- internationale Standards für die Abfallbehandlung.

Das Abfallhandbuch könnte kombiniert werden mit einer Rückbaufibel, in der Angaben zur Methodik des selektiven Rückbaus, zum Abbau und zur Wiederverwendung gängiger Baumaterialien sowie eine Checkliste zur Erstellung eines Rückbaukonzeptes enthalten sind.

### **Informationsprogramme über Baustoffe die abfallarm erzeugt wurden und über Baustoffqualitäten**

Grundlage für ein derartiges Informationsprogramm könnte einerseits die Erstellung eines Schadstoffkatasters, andererseits ein Gebot zur entsprechenden Kennzeichnung der Baustoffe sein.

### **Reklamewirksame Umweltzertifikate**

Das Güteschutzzeichen für Recycling-Baustoffe (siehe Abb. 38) garantiert, dass die vom Umweltbundesamt und vom BMLFUW erstellten Grundsätze der Umweltverträglichkeit bei den gekennzeichneten Recycling-Baustoffen eingehalten werden. Die Einhaltung der Grundsätze wird durch Eigen- und Fremdüberwachung sichergestellt.



Abb. 38: Das Güteschutzzeichen für Recycling-Baustoffe.

Weiters gibt es Anstrengungen nach dem Vorbild des europäischen Umweltzeichens (siehe Info-Box), ein Umweltzeichen für abfallarme Baumaterialien zu entwickeln. Im Rahmen des Schwerpunktes Haus der Zukunft wurden Prüfkriterien für nachhaltige Baustoffe entwickelt (BAUER et al. 2001). Zu diesen Kriterien zählen:

- neben dem Ausschluss human- und ökotoxischer Stoffe,
- die Forderung nach minimaler Verpackung
- und Kriterien für das Recycling/die Abfallbehandlung
- einfache Zusammensetzung,
- Rücknahme- und Verwertungskonzept,
- Nachweis zumindest eines unproblematischen Beseitigungsweges.

Es könnte Aufgabe der öffentlichen Verwaltung sein, einen Anstoß zu geben, dass dieses Umweltzeichen für österreichische Baustoffe zur Anwendung kommt und die Entscheidungsträger, die die Auswahl der Baustoffe treffen, entsprechend zu informieren.

#### Infobox: Europäisches Umweltzeichen (Euro-Blume)<sup>3</sup>

Die Euro-Blume wird seit 1993 für Produkte vergeben, die über den gesamten Lebenszyklus geringere Umweltauswirkungen als andere aus derselben Produktgruppe haben. Bisher wurde die Euro-Blume vor allem für:

- Reinigungsmittel und Schmierstoffe
  - Elektrogeräte
  - Papierprodukte
  - Produkte aus dem Bereich Heim und Garten (z. B. Möbel oder Textilien)
  - Bekleidung und
  - Tourismus
- eingesetzt.

Bis Ende 2004 wurden mehr als 227 Produkte ausgezeichnet.



<sup>3</sup> ([http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/product/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/ecolabel/product/index_en.htm))

#### **4.5.2 Maßnahmen zur Ökologisierung des Ausschreibungswesens**

Es kann nur das ausgeführt werden, was ausgeschrieben wird. Damit hat der Bauherr bei der Festlegung des Lastenheftes eine große Verantwortung, aber auch den längsten Hebel, um das Bauwesen zu ökologisieren.

Mehr als 80 % aller die Nachhaltigkeit betreffenden Entscheidungen fallen in der Planungsphase (egal ob für Neubau, Umbau, Sanierung oder Abbruch). Damit erhält der Planer im Auftrag des Bauherrn die zweitwichtigste Position, wenn es darum geht, abfallarmes Bauen zu erzielen.

Eine ganz besondere Rolle bei der Entwicklung einer nachhaltigen Bauwirtschaft hat die öffentliche Hand. Sie legt die Regeln fest und ist zugleich der größte Bauherr Österreichs. Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen spiegeln diese Doppelrolle wieder:

##### **Ökologisierung des Bundesvergabegesetzes**

Die Grundzüge der Vergabe (insbesondere der öffentlichen Vergabe) sind im Bundesvergabegesetz verankert. Das Bundesvergabegesetz 2006 ist seit Anfang Juli 2005 im Entwurfsstadium zur Begutachtung ausgesandt. Es wäre zentral wichtig, dieses Gesetz in ökologischer Hinsicht zu komplettieren.

##### **Ökologisierung von Normen**

Für die Ausschreibung wichtige Normen sind beispielsweise die Werkvertragsnorm A 2050, B 2110, B 2117, RVS 10.111 und B 2251. In all diesen ÖNORMen und Richtlinien ist eine im Sinn der Nachhaltigkeit wichtige Regelung vorzusehen. Insbesondere ist die Verantwortung des Bauherrn entsprechend und explizit zu verankern.

##### **Selbstverpflichtung von Bund und Ländern zur ökologischen Beschaffung**

Die im Bereich des Bundes (!) und der Öffentlichen Hand liegende Beschaffung kann durch entsprechende ökologische Beschaffung eine starke Beeinflussung der Gestaltung von Produkten und Bauten bewirken. Dazu wäre eine klare eindeutige Selbstbindung des Bundes, eventuell in einer § 15A-Vereinbarung der Länder bzw. der Städte und Gemeinden, notwendig. Als Beispiel sei hier die Stadt Wien erwähnt, die beispielsweise im Bereich der Reinigungsmittel, der Büropapiere und Ähnliches durch ihre Marktkraft die Produktentwicklung im ökologischen Sinne beeinflusst hat.

##### **Erarbeitung von Nachhaltigkeitsvorgaben in Standardwerken des Bauwesens**

Im Bereich des Bauwesens sind Standardwerke – z. B. im Bereich des Siedlungswasserbaus – von hervorragender Bedeutung. Es ist daher wichtig, Nachhaltigkeitsvorgaben im Sinne des BAWP für diese Standardwerke auszuarbeiten. Speziell wird hierbei auf die ÖNORM-Regel für Umweltgerechte Bauausschreibungen (ONR 22251) verwiesen.



### 4.5.3 Maßnahmen zur Unterstützung der Technologieentwicklung und Überwindung der Markteintrittsbarrieren

#### Raumplanung, regionale, lokale Entwicklungspläne

Die Raumplanung sollte nach folgenden Kriterien ausgerichtet werden:

- Sie sollte darauf abzielen, dass die Weiternutzung bereits genutzter Flächen und Gebäude Vorrang gegenüber der Erschließung bisher ungenutzter Flächen und dem Neubau hat.
- Umnutzung und allenfalls selektiver Rückbau heute nicht mehr genutzter Flächen und Gebäude ist zur Revitalisierung von Ortsteilen anzustreben.
- Einfamilienhäuser verursachen im Vergleich mit anderen Siedlungsformen sowohl den größten Ressourcenverbrauch (siehe Abb. 24) als auch das größte Abfallaufkommen. Optimierungspotenziale liegen in erster Linie bei der Rücknahme der Baulanderweiterung in Streulagen und bei Nachverdichtungen innerhalb bestehender Siedlungsgrenzen.
- Optimierungspotenziale bei Neuerschließungen liegen in der Förderung verdichteter Bauformen und Reduktion der Erschließungsflächen. Der Minimierung von PKW-Stellplatzanlagen kommt dabei besondere Bedeutung zu (TAPPEINER et al. 2002).
- Nutzungskonzepte auf regionaler Ebene unter Berücksichtigung der Möglichkeiten von Umnutzung und Weiternutzung sind zu erstellen. Diese Konzepte sollten nicht nur auf die Wohnraumnutzung beschränkt sein, sondern auch industrielle und gewerbliche Nutzung umfassen.

Ein Gebot zur Erstellung eines **Rückbaukonzeptes** mit Angaben zu Inhaltsstoffen, Abbaumöglichkeiten und Verwertungsmöglichkeiten der eingesetzten Baustoffe, könnte an die Erteilung der Abbruchgenehmigung geknüpft werden.

Als Maßnahme der qualitativen Abfallvermeidung könnten bestehende **Verbote** der Anwendung von besonders schädlichen Baustoffen (wie z. B. Asbest) auf weitere Stoffe ausgedehnt werden. Die Kenntnis über schädliche Inhaltsstoffe von derzeit gängigen Primärbaustoffen ist allerdings aufgrund mangelnder Produktkennzeichnungspflichten limitiert. Eine verpflichtende Inhaltsstoffdeklarierung und Beschreibung der ökologischen Produkteigenschaften im Zuge der Erstellung von Produktdatenblättern ist mittelfristig nicht zu erwarten. In Abwägung aller verfügbaren Informationen verleiht das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie ([www.ibo.at](http://www.ibo.at)) – auf freiwilliger Basis – Baustoffprodukten das IBO-Prüfzeichen. Bei der baubiologischen Produktprüfung wird die Auswirkung des Produktes auf Mensch und Natur bei Herstellung, Anwendung und Entsorgung mit einbezogen. Ähnliche Kriterien legt Nature Plus ([www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)) an, das eine Harmonisierung gängiger Prüfzeichen anstrebt.

Markteintrittsbarrieren für die Methoden und Technologien des abfallarmen Bauens, für bessere getrennte Sammlung, für den selektiven Rückbau und für den hochqualitativen Einsatz von Recycling-Baustoffen könnten auch durch die Erstellung von **Musterleistungsverzeichnissen** für Bauausschreibungen und entsprechende Ausschreibungen (**öffentliche Beschaffung**) für die Errichtung, den Umbau oder den Rückbau von öffentlichen Bauwerken reduziert werden.

Großer Bedarf besteht für eine **Abfallendebestimmung** (z. B. im Zuge einer Verordnung, die qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe aus dem Abfallregime entlässt und einen Produktstatus gewährt) sowie eventuell zusätzliche Rechtsmaterien,

welche einerseits die Anforderungen für die getrennte Sammlung und den selektiven Rückbau erhöhen und Qualitätskriterien für Recycling-Baustoffe festlegen, andererseits die Möglichkeit geben, Abfallbaustoffe bei Erfüllung der Kriterien als Produkte zu definieren. Dies würde das Vertrauen in Recycling-Baustoffe stärken und damit die entsprechenden Märkte eröffnen.

Die **verschärften Anforderungen für eine sortenreine Erfassung und den selektiven Rückbau** sollten umfassen:

- Die Pflicht zum Aufstellen spezieller Trenncontainer,
- die verstärkte Kontrolle der Trennung,
- eine Gebäudebegehung vor Abbruch zur Identifikation schadstoffhaltiger Fraktionen,
- die Beprobung und chemische Analyse verdächtiger Fraktionen,
- die Erstellung eines Rückbaukonzeptes,
- entsprechende Kriterien für die Ausschreibung von Rückbauvorhaben.

Als Vorstufe zur Entwicklung verpflichtender Produktstandards sollten die Umweltverträglichkeitsbestimmungen in den ÖBRV-Richtlinien für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen an den aktuellen Wissensstand angepasst werden.

Weitere Maßnahmen, die in eine ähnliche Richtung zielen sind:

- Ein Gebot zur verpflichtenden Erstellung von Abfallwirtschaftskonzepten auf Baustellen,
- ein Gebot, dass beim Neubau ein gewisser Prozentsatz an Recycling-Baustoffen eingesetzt werden muss.

#### 4.5.4 Maßnahmen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit

##### Wohnbauförderung

Die niederösterreichische Wohnbauförderung wurde Anfang 2002 in Richtung Ökoförderung umgestellt. Eine Mindest-Energiekennzahl ist die Voraussetzung für die Zuteilung von Wohnbauförderungsmitteln. Das neue Modell sieht neben der Basisförderung im Mehrfamilien-Neubau auch Zusatzmittel für weiterführende ökologische Maßnahmen vor (ökologische Baustoffe, Trinkwasser einsparende Maßnahmen oder haustechnische Anlagen mit klima- und umweltschonender Wirkung, wie beispielsweise Biomasse-Heizungsanlagen, kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung oder Solarkollektoren). Es zeigt sich, dass mit dieser neuen Förderstrategie eine starke Lenkung in Richtung nachhaltiges Bauen möglich ist. Jedoch wird die Notwendigkeit gesehen die Wohnbauförderungen zwischen den einzelnen Bundesländern zu harmonisieren und besser mit der Raumplanung abzustimmen (TAPPEINER et al. 2002).

Ein weiteres Beispiel für eine angepasste Wohnbauförderung bietet das deutsche Bundesland Schleswig-Holstein. Dort erfolgt eine Wohnbauförderung nur:

- bis zu einem bestimmten Höchstwert der Haushaltgröße und
- wenn ökologische Mindeststandards (z. B. Verwendung von Recyclingmaterial) erfüllt sind (KOPYTZIOK & LINDEN 1999; KOPYTZIOK 2000).

Eine weitere Idee zur Ökologisierung der Wohnbauförderung ist es, von einer Wohnbau- auf eine Wohnförderung überzugehen. Dies würde es ermöglichen nicht nur die Schaffung von neuem Wohnraum sondern auch die Umnutzung bestehender Gebäude zu Wohnzwecken verstärkt zu fördern.



### **Contracting**

Gerade innovative Wohnbauten sind mit höheren Kosten und einer gewissen Unsicherheit behaftet, ob die errichteten Bauwerke auch die erwarteten Leistungen erfüllen werden. Der Bewohner wird daher eher konventionelle Wohnformen bevorzugen. Um beim innovativen, abfallarmen Wohnbau Fortschritte zu erzielen, kann das Risiko von so genannten Contracting-Institutionen übernommen werden, die das Investitionsrisiko und Betriebsrisiko übernehmen und die Dienstleistung „innovatives, abfallarmes“ Wohnen zu einem Fixpreis anbieten. Zur Ausdehnung von Contracting-Modellen, wie sie im Energiebereich angewandt werden, auf den abfallarmen Wohnbau, könnten vom Staat Anreize geschaffen, das Risiko der Markteinführung übernommen bzw. im eigenen Bereich erste Projekte durchgeführt werden.

### **Rückbaudeposit**

Ein Modell, um die Konkurrenzfähigkeit des selektiven Rückbaus gegenüber dem Abbruch ohne intensiver Abfalltrennung zu steigern, ist das Rückbaudeposit. Bei dieser Maßnahme muss der Antragsteller für einen Gebäudeabbruch einen Betrag hinterlegen, den er nur zurückerhält, wenn er den Abbruch nach den Methoden des selektiven Rückbaus nachweisen kann.

Jedoch werden einige Probleme bei der Umsetzung dieser Maßnahme erwartet: Die Höhe des Rückbaudeposits ist schwierig festzulegen. Bei zu geringer Höhe hätte das Rückbaudeposit keine Wirkung, bei zu großer Höhe wäre es eine unerwünschte Barriere für eine effiziente Entwicklung des Bauwesens. Zusatzkosten zur Administration entstehen. Insgesamt wird das Rückbaudeposit damit als nicht effiziente Maßnahme beurteilt.

### **Finanzielle Förderung und Gebühren**

Finanzielle Förderungen können einerseits zur Entwicklung innovativer Methoden und Technologien des abfallarmen Bauens andererseits für die Entwicklung von neuen Behandlungs- und Verwertungsmethoden, sowie zur Steigerung der Marktfähigkeit von Recyclingprodukten (GRETZMACHER 2003) eingesetzt werden. Beispiele für direkte finanzielle Förderungen sind:

- die Förderung der Verwendung von Holz,
- die Förderung gebrauchter und regionaler Baustoffe,
- die Förderung des Einsatzes wieder verwendbarer Bauelemente aus Abrisshäusern.

Um die Verwendung von Recycling-Baustoffen attraktiver zu machen, können auch eine Rohstoff-, eine Transport- oder eine Abfallbehandlungsgebühr als Teil des Kaufpreises von Primärbaustoffen eingeführt werden. Dabei sollten die Preise so gelenkt werden, dass die Materialrückgewinnung (stoffliche Verwertung) kostengünstiger wird als die thermische Behandlung, MBA-Behandlung oder Deponierung (GRETZMACHER 2003).

#### 4.5.5 Maßnahmenüberblick und Chancen-Bewertung

In Tab. 30 werden, die oben beschriebenen effizienten Maßnahmen zur Förderung

- des abfallarmen Bauens,
- von Sortierinseln, der getrennten Sammlung und des selektiven Rückbaus
- sowie von Recycling-Baustoffen

zusammengefasst und eine Abschätzung über die Realisierungschancen dieser Maßnahmen getroffen. Dabei werden dann die höchsten Realisierungschancen gesehen, wenn die Maßnahme

- direkt auf die Zielgruppe wirkt, die die gewünschte Handlung oder Handlungsänderung setzen soll,
- einfach zu administrieren ist und geringe Transferkosten verursacht,
- selbst geringe Kosten verursacht,
- innerhalb der Befugnisse des BMLFUW beschlossen werden kann,
- für die österreichische Abfall- und Bauwirtschaft sowie die betroffenen Bauherren und Nutzer geringe Zusatzkosten verursacht,
- für die österreichische Abfallwirtschaft die Chance auf einen neuen Markt eröffnet.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Chancen im Bereich der Informationsmaßnahmen und der Einrichtung von Geboten auf Bundesebene am ehesten gegeben sind, während die Maßnahmen die auf Länderebene umzusetzen wären oder größerer zusätzlicher finanzieller Mittel bedürfen als nicht so chancenreich gesehen werden.

Tab. 30: Chancenbewertung der Maßnahmen der öffentlichen Hand und der Abfallwirtschaft zur Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen.

Handlungsfeld	Maßnahmen	Chance	Begründung
<b>Abfallarmes Bauen</b>			
Informationen über Prinzipien und Techniken des abfallarmen Bauens	Forschungsprojekt zur Entwicklung eines Gebäudepasses (Gebäudeinformationssysteme)	groß	Wichtige Maßnahme bei vertretbaren Kosten
	Forschungsprojekte zur Entwicklung von abfallarmen Gebäuden	groß	Es müsste lediglich der „Abfallaspekt“ im Forschungsschwerpunkt „Haus der Zukunft“ gestärkt werden
	Gebot eines Gebäudeinformationssysteme	gering	Gebote verursachen meist einen hohen Widerstand
	Ausbildung der Planer und Entscheidungsträger für abfallarmes Bauen	groß	Nachhaltiges Bauen ist ein wichtiger Aspekt für die österreichische Bauwirtschaft und birgt große Marktentwicklungschancen
	Aufnahme des abfallarmen Bauens in die Lehrpläne der HTL und Fachstudien	groß	Nachhaltiges Bauen ist ein wichtiger Aspekt für die österreichische Bauwirtschaft und birgt große Marktentwicklungschancen



Handlungsfeld	Maßnahmen	Chance	Begründung
	Entwicklung eines Handbuchs über abfallarmes Bauen (Abfallhandbuch) und einer Rückbaufibel	sehr groß	Wichtige Maßnahme bei vertretbaren Kosten
	Beratungsstelle für abfallarmes Bauen	mittel	Eher über Fortbildung von Experten in bestehenden Beratungsstellen zu realisieren
Informationen über Baustoffqualität/ -abfallanfall	Schadstofferkundung und Schadstoffkataster	mittel	Wäre wichtig, aber wo beginnen?
	Gebote zur Kennzeichnung von Herkunft und Inhaltsstoffen von Baumaterialien und deren Lebenszyklus-Abfallverursachung	gering	Entweder nur oberflächliche Kennzeichnung oder hoher Aufwand, speziell bei importierten Baustoffen; Widerstand der EU wegen Handelshemmnissen zu erwarten
Ökologisierung des Ausschreibungswesens	Ökologisierung des Bundesvergabegesetzes	gering	Initiative kommt wahrscheinlich für 2006 zu spät
	Selbstverpflichtung von Bund und Ländern zur ökologischen Beschaffung	groß	Erste Schritte sind vorhanden, Budgetlimits schränken aber stark ein
	Ökologisierung von Normen	groß	Ist ein laufender Prozess, zu dem erste Schritte vorhanden sind
	Erarbeitung von Nachhaltigkeitsvorgaben in Standardwerken des Bauwesens	groß	Ist ein laufender Prozess, zu dem erste Schritte vorhanden sind
Führen zur Marktreife innovativer Technologien / Einführung des abfallarmen Bauens	Forschungsprojekte und Pilotprojekte für innovative abfallarme Technologien	Sehr groß	Läuft bereits als Teil des Förderschwerpunkts „Haus der Zukunft“ könnte aber noch verstärkt werden
	Ökologisierung und Vereinheitlichung der Bauordnungen und des Baustellenkoordinationsgesetzes	groß	Komplexe Materie, aber sehr wichtig
	Raumplanung nach Abfall vermeidenden Kriterien	mittel	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig
	Erteilung von Baugenehmigungen nur bei Nachweis abfallarmen Bauens	mittel	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig
	Verbot bestimmter umweltschädlicher Baustoffe	gering	Nur bei gut fundiertem Nachweis der Schädlichkeit möglich
	Musterleistungsverzeichnisse für Abfallarmes Bauen in Kooperation mit Bauwirtschaft erarbeiten	groß	Eher geringer Aufwand
	Vorbildliches Verhalten der öffentlichen Hand bei Bau- und Abbruchvorhaben	groß	Bei entsprechendem Engagement der Entscheidungsträger



## Baurestmassen – Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für Baurestmassen

Handlungsfeld	Maßnahmen	Chance	Begründung
Wirtschaftlichkeit innovative Technologien/abfallarmes Bauen	Ökologische Kriterien für Wohnbau-förderung	mittel	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig
	Wohnförderung statt Wohnbauförderung	gering	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig, Konzept noch nicht erprobt
	Finanzielle Anreize für Nutzung von Recycling-Baustoffen im Zuge der Wohnbauförderung	groß	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig
	Förderung der Verwendung von Holz	sehr groß	Erfolgt bereits
	Öffentliche Beschaffung von abfallarmen Bauwerken	groß	Bei entsprechendem Engagement der Entscheidungsträger
	Einführung von Contractingmodellen für abfallarmes Bauen	gering	Recht komplexes Konzept
<b>Sortierinseln, getrennte Sammlung und selektiver Rückbau</b>			
Information über Sortierinseln, getrennte Sammlung und selektiven Rückbau	Pilotversuche für Sortierinsel	groß	Wichtige Maßnahme bei vertretbaren Kosten
	Pilotversuche für Kosten/Parameterwertungsorientierter Rückbau	groß	Wichtige Maßnahme bei vertretbaren Kosten
	Erstellung einer Rückbaufibel sowie der Grundlagen für ein Abbruchkonzept (Checkliste)	sehr groß	Sehr wichtige Maßnahme bei vertretbaren Kosten
Einführung Sortierinseln und Implementierung Selektiver Rückbau	Richtlinie(n) (verbindlich oder unverb.) = obligatorisches Rückbaukonzept = obligatorische Sortierinseln (inklusive Verantwortlichkeiten) = Verschärfung der Anforderungen für sortenreine Erfassung und selektiven Rückbau	groß	Sehr wichtig
	Obligatorische Abfallwirtschaftskonzepte für Baustellen	mittel	Zusätzlicher administrativer Aufwand
	Rückbaugenehmigung nur bei ökologischem Rückbau (Rückbaukriterien)	gering	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig, Abbruch oft aus volkswirtschaftlicher Sicht erwünscht, daher keine zusätzlichen Barrieren schaffen
Wirtschaftlichkeit Sortierinseln, getrennte Sammlung selektiver Rückbau	Rückbaudeposit, das man bei Anmeldung des Abbruchs hinterlegt und nach Vorlage des Entsorgungsnachweises zurückerhält	mittel	Abbruch oft aus volkswirtschaftlicher Sicht erwünscht, daher keine zusätzlichen Barrieren schaffen
	Abbruch öffentlicher Gebäude mit selektivem Rückbau	groß	Bei entsprechendem Engagement der Entscheidungsträger



Handlungsfeld	Maßnahmen	Chance	Begründung
<b>Recycling-Baustoffe</b>			
Information über RC-Baustoffe	Pilotversuche für Standards Wiederverwendung/Recycling	groß	Wichtige Maßnahme bei vertretbaren Kosten
	Bekanntheitsgrad des Gütezeichens für Recycling-Baustoffe heben	groß	Schwerpunkt in der Ausbildung von Bauingenieuren/Architekten setzen
	Bekanntheitsgrad der Internetplattform Recycling-Börse-Bau heben	mittel	Forcierung des flächendeckenden Absatzes von güteschutzten RC-Baustoffen
Hochwertiges Recycling von RC-Baustoffen	Abfallendebestimmung für Recycling-Baustoffe; Produktstatus und -standards	groß	Sehr wichtig
	Verpflichtender Einsatz von bestimmten Prozentsätzen von Recycling-Baustoffen	mittel	Widerspricht den Regeln des liberalisierten Marktes
	Erneuerung der Umweltverträglichkeitsbestimmungen in den ÖBRV Richtlinien für Recycling-Baustoffe aus dem Hochbau als erster Schritt, um Erfahrung für Festlegung von Geboten für RC-Baustoffe zu sammeln	groß	Erste Schritte bestehen bereits
Wirtschaftlichkeit RC-Baustoffe	Höherer ALSAG-Beitrag für Baurestmassen, die nicht aus Rückbau stammen	gering	Gefahr der Scheinverwertung
	Kriterium für Wohnbauförderung = Verwendung Recycling-Baustoffe	mittel	Eingriff in Länderregelungen ist schwierig
	Förderung gebrauchter und regionaler Baustoffe, sowie von wieder verwendbaren Bauelementen aus Abrisshäusern	mittel	Woher das Geld nehmen?
	Besteuerung von = Primärbaustoffen = Transport	gering	Nur EU-weit umsetzbar
	Öffentliche Beschaffung (Öffentliche Bauten mit einem hohen Anteil an RC-Baustoffen)	groß	Bei entsprechendem Engagement der Entscheidungsträger



## 4.6 Veränderungspotenziale

Die Effekte der oben beschriebenen Maßnahmen können sehr unterschiedliche Zeithorizonte besitzen. Maßnahmen, die auf eine verbesserte Trennung der Baustellenabfälle und das Recycling von Baurestmassen abzielen, können in einem recht kurzen Zeitrahmen sichtbare Erfolge erzielen. Neben einer Erhöhung von Recyclingraten und der Verringerung von Abfallquantitäten, die zur Verringerung der Schadstoffgehaltes behandelt werden müssen, sollte sich vor allem die Qualität der Wiedernutzung und des Recycling steigern. Anstelle des Down-Cyclings sollte sich vermehrt eine echte Kreislaufschließung erzielen lassen.

Maßnahmen, die auf eine Verlängerung der Nutzungsdauer und eine Erhöhung der Bauwerksqualität abzielen, haben einen langfristigen Wirkungszeitraum. Veränderungen im Bauschutttaufkommen zum Beispiel, sind nur graduell und über lange Zeiträume zu erwarten. Dennoch haben diese Maßnahmen eine hohe Wichtigkeit, da sie zu nachhaltigen Veränderungen führen und die gesamte Bauwirtschaft und Abfallwirtschaft systematisch in Richtung nachhaltige Systeme führen.



## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

### 5.1 Leitlinien

Zusammenfassend können folgende Leitlinien für ein abfallarmes Bauen aus Sicht des Planers definiert werden:

- Beim Baubeschluss: Umnutzung und Lebensdauererlängerung vor Neubau.
- Bei der Bau-Planung:
  - Berücksichtigung der gesamten Lebenszykluskosten, insbesondere der Betriebskosten (GRETZMACHER 2003).
  - Kurzlebige und Design-bestimmende Bestandteile müssen austauschbar sein (wie Autoersatzteile).
  - Berücksichtigung des Abbruchs des Bauwerks (Zerlegbarkeit, Demontage, Rückbau in Übereinstimmung mit wirtschaftlich möglichen Abbruch- und Behandlungsmethoden; Dokumentation der Ausführungspläne und Stoffbuchhaltung für Abbruchplanung).
- Bei der Baustellenplanung:
  - Koordination aller am Bau beteiligten Firmen.
  - Errichtung und Betrieb von Sortierinseln.
  - Absprache mit Handel und Abfallwirtschaft zur Optimierung der Wiedernutzung und eines hochwertigen Recyclings der Verpackungen und Baustellenabfälle.
- Bei der Auswahl der Baustoffe (GRETZMACHER 2003):
  - Berücksichtigung der wirtschaftlichen Behandlungs- und Verwertungsmöglichkeiten.
  - Keine Mischprodukte (keine Mischung von organischen und mineralischen Baustoffen).
  - Keine Verbundstoffe.
  - Bevorzugte Verwendung von Recycling-Baustoffen.
- Abbruchplanung zum verwertungsorientierten Rückbau.

### 5.2 Empfohlenes Maßnahmenbündel für die österreichische Abfallwirtschaft

Der Bericht zeigt, dass quantitative Abfallvermeidung im strengeren Sinn – das heißt die Vermeidung des Entstehens von Abfällen in der Bauwirtschaft – in erster Linie in der Planungsphase, beim Entscheid ob überhaupt gebaut wird oder bei der Verlängerung der Gebäudenutzung durch Umnutzung entsteht. Diese Bereiche stehen weitgehend außerhalb der Befugniskompetenz, die der § 14 des AWG bietet. Dennoch können auch mit diesen Maßnahmen (vor allem aus dem Titel Information), aber auch durch Kooperationen mit anderen Ministerien, den Ländern und den Interessenverbänden, entscheidende Impulse für die Entwicklung einer nachhaltigen, abfallarmen Bauwirtschaft gesetzt werden.



Für die Anwendung des Grundsatzes der qualitativen Abfallvermeidung im Baubereich bietet § 14 AWG vor allem die Möglichkeiten der Schadstofferkundung, Produktkennzeichnung und des Produktverbotes. Die Kenntnis über schädliche Inhaltsstoffe von derzeit gängigen Primärbaustoffen, als Voraussetzung für ein Produktverbot, ist allerdings limitiert.

Wesentlich konkretere Empfehlungen können für die Steigerung der Qualität der Verwertung von Bauabfällen gemacht werden. Die empfohlenen Maßnahmen haben die Förderung der Verwendung von Sortierinseln, die Verbesserung der getrennten Sammlung von Bauabfällen, die Förderung des selektiven Rückbaus und die Förderung des hochwertigen Einsatzes von Recycling-Baustoffen zum Ziel.

Für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 werden aus dem Baubereich drei Maßnahmenbündel empfohlen:

- Gebäudepass,
- Vermeidung von Baurestmassen,
- Baurestmassen-Recycling.

Die empfohlenen Maßnahmenbündel haben ihre Schwerpunkte in der Erstellung und Verbreitung von Informationen und in der Entwicklung einer Abfallendebestimmung für qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe. Ergänzt werden diese Maßnahmen um Empfehlungen für eine Harmonisierung/Ökologisierung der Wohnbauförderung und Raumplanung.

In den folgenden drei Tabellen (siehe Tab. 31 bis Tab. 33) werden für diese drei Maßnahmenbündel die Einzelmaßnahmen, Zusatzerklärungen, die ersten Schritte, bei der Umsetzung zu involvierende Akteure und eine Abschätzung der Effizienz der Maßnahmenbündel angeführt.

### 5.2.1 Maßnahmenbündel: Gebäudepass

Tab. 31: Maßnahmenbündel: Gebäudepass.

<b>Maßnahmenbündel: Gebäudepass</b>	
Zielsetzung	Weiterentwicklung und Einführung eines Gebäudepasses als Gebäudeinformations- und -zertifizierungssystem
Einzelmaßnahmen	Erarbeitung eines österreichischen Gebäudepasses unter Beteiligung aller Experten und Kooperation von Wirtschaft, Verwaltung und technischen Fachstellen.
	Forschungsprojekte im Rahmen der Entwicklung von „Häusern der Zukunft“ und Pilotprojekte zur Entwicklung des Gebäudepasses werden initiiert.
	Ausbildung und Weiterbildung von Planern und Ausführenden zur Erstellung eines Gebäudepasses.
	Einführung des Gebäudepasses als verpflichtendes Kriterium für die Wohnbauförderung.
	Harmonisierung der Länder-Bauordnungen hinsichtlich der Pflicht zur Erstellung eines Gebäudepasses für jedes Gebäude.
	Schadstofferkundung bei bestehenden Altbauten und laufende Aktualisierung bei Umbauten.



<b>Maßnahmenbündel: Gebäudepass</b>	
Allgemeine Erläuterungen des Maßnahmenbündels	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Der Gebäudepass ist ein Dokumentationssystem und eine Gebrauchsanleitung für ein Haus; durch Planer, Gutachter bzw. Ingenieure erstellt, dem Eigentümer übergeben, verbleibt bei den Unterlagen zum Gebäude. Der Gebäudepass bildet die Grundlage für eine ökologische Bewertung des Gebäudes.</li> <li>● Der Gebäudepass sollte für den Hochbau, mit Einschränkungen auch für den Tiefbau, verpflichtend sein und sowohl für neue Gebäude als auch für Gebäude, die saniert werden, eingeführt werden.</li> <li>● Für unterschiedliche Gebäudetypen gibt es unterschiedliche Gebäudepässe.</li> <li>● Teil des Gebäudepasses ist eine Gesamtkostenrechnung über die gesamte Lebensdauer.</li> <li>● Die Einrichtung von zentralen Stellen zur Administration und Datenverwaltung wird angestrebt.</li> </ul>
Erste Schritte zur Umsetzung des Maßnahmenbündels	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Erarbeitung eines österreichischen Gebäudepasses (zunächst für Wohnbau) unter Beteiligung aller Experten in einem oder in mehreren Bundesländern.</li> <li>● Durchführung von Pilotprojekten mit dem Ziel eines einheitlichen Gebäudepasses für Österreich: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Praxiserfahrung sammeln,</li> <li>● Kosten feststellen (Gesamtkostenrechnung über Lebensdauer),</li> <li>● Erarbeitung ökologischer Baustoffkriterien,</li> <li>● Exemplarische Liste gängiger Baustoffe,</li> <li>● Adaptierung der Regelungen für den Gebäudepass,</li> <li>● Anpassung der Wohnbauförderrichtlinie.</li> </ul> </li> </ul>
Einzubindende Akteure	Bundesländer, Planer im Bauwesen, die Bauwirtschaft insgesamt
Erwartete Effizienz	<p>Der Gebäudepass soll</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● dem Gebäudebesitzer als Informationsmanagementsystem für alle das Gebäude betreffende Daten dienen.</li> <li>● Informationsgrundlage für (ökologische) Sanierungsmaßnahmen, für die Nutzungsverlängerung und den selektiven Rückbau sein.</li> <li>● Den ökologischen und ökonomischen Wert eines Gebäudes dokumentieren</li> <li>● und so zu einem effizienten Gebäudemanagement, zur Abfallvermeidung, zur besseren Abfallverwertung und zum Prinzip Kostenwahrheit beitragen.</li> </ul> <p>Es wird geschätzt, dass die Zusatzarbeit zur Erstellung und Zertifizierung eines Gebäudepasses in der Größenordnung von 2.000 € liegt. Es ist davon auszugehen, dass diese Kosten von den erwarteten Vorteilen bei weitem aufgewogen werden.</p>

## 5.2.2 Maßnahmenbündel: Abfallvermeidung im Baubereich

Tab. 32: Maßnahmenbündel Abfallvermeidung im Baubereich.

<b>Maßnahmenbündel Abfallvermeidung im Baubereich</b>	
Zielsetzung	Langfristige Verringerung des Abfallaufkommens aus dem Hochbaubereich während der Errichtung, des Betriebes, der Nachnutzung und des Rückbaus
Einzelmaßnahmen	Pilotprojekte zur Entwicklung von abfallarmen Gebäuden der Zukunft.
	Implementierung des Themas „Abfallarmes Bauen“ als verpflichtenden Lehrinhalt in HTL und Architekturstudium.
	Ausbildung von Fachkompetenz „Abfallarmes Bauen“ bei Planern und Ausführenden.
	Vorlage eines verpflichtenden Nachhaltigkeitskonzepts (mit einer Beschreibung der geplanten Verwertung der Baustoffe nach Nutzung) bei Einreichung um Baubewilligung.
	Förderung des „Abfallarmen Bauens“ im Rahmen der Wohnbauförderung.
	Förderung der Weiternutzung (auch im Industriebereich) von Gebäuden als Ergänzung zur Wohnbauförderung.
	Bei der Öffentlichen Beschaffung und bei öffentlichen Bauvorhaben erhält die Weiternutzung bzw. Umnutzung von Gebäuden Priorität vor dem Neubau.
	Bei der Öffentlichen Beschaffung und bei öffentlichen Bauvorhaben wird „Abfallarmes Bauen“ umgesetzt. Entsprechende Musterleistungsbeschreibungen werden erarbeitet.
	Verbot von Schadstoffen in Baustoffen durch verpflichtende Grenzwerte für alle Baustoffe.
	Erstellung eines Schadstoffkatasters als Informationsquelle für besonders belastete Bauwerke.
	Forschungsprojekte zur Bestimmung der Umweltverträglichkeit von Primärbaustoffen mit dem Ziel bestimmte Baustoffe zertifizieren zu können.
Allgemeine Erläuterungen des Maßnahmenbündels	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vermeidung des Anfalls von Baurestmassen, insbesondere von gemischten Baustellenabfällen.</li> <li>● Wohnbauförderung stärker nach ökologischen Kriterien ausrichten.</li> <li>● Wohnförderung statt Wohnbauförderung.</li> <li>● Rechtlich verbindliche Qualitätsstandards und Begrenzung von Schadstoffen in Recycling-Baustoffen und gleichermaßen in Primärbaustoffen</li> </ul>
Erste Schritte zur Umsetzung des Maßnahmenbündels	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Erarbeiten von Förderrichtlinien und Musterleistungsbeschreibungen für „Abfallarmes Bauen“ und Nutzungsverlängerung durch Bund und Länder bzw. Erarbeitung von Richtlinien zur Selbstverpflichtung: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Förderungen an den Einsatz von umweltverträglichen Baustoffen knüpfen,</li> <li>● Richtlinien für Revitalisierung (Umbau statt Neubau).</li> </ul> </li> <li>● Die rechtlichen Voraussetzungen werden geschaffen: es wird geprüft, wie weit die Raumordnung bzw. die Gemeinden betroffen sind.</li> <li>● Die technischen Qualitätsanforderungen für „Abfallarmes Bauen“ werden festgelegt.</li> </ul>




---

**Maßnahmenbündel Abfallvermeidung im Baubereich**


---

## Einzubindende Akteure

- Bund – für Regelungen, technische Richtlinien und rechtliche Voraussetzungen im Rahmen von:
  - öffentlicher Beschaffung,
  - Wasserbaufördergesetz,
  - Kommunalkredit,
  - ALSAG,
  - Straßenbau, Bundeswohnbau
  - Richtlinien zur Förderung der Nachnutzung von amtseigenen Liegenschaften und Objekten durch Bund (Kasernen).
- Länder – für Förderungen, öffentliche Beschaffung, technische Richtlinien im Bereich der
  - Länder-Wohnbauförderung,
  - des Landesstraßenbaus und des ländlichen Wegenetzes.
- Gemeinden.
- Baustoffindustrie und Baustoffforschung.

---

 Erwartete Effizienz

Abfallvermeidung im Baubereich hat zwei Zeitebenen:

1. kurzfristig wirkt die Vermeidung von Abfällen während des Baus
2. langfristig wirkt die Vermeidung von Abfällen während der Gebäudenutzung und während des Abbruchs.

Dementsprechend können die positiven Effekte der Abfallvermeidung im Baubereich zum Teil erst für künftige Generationen sichtbar sein. Dennoch sind die hier vorgestellten Maßnahmen von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung einer nachhaltigen Bauwirtschaft. Mit relativ kleinen Weichenstellungen können sehr wertvolle Entwicklungen für die Zukunft eingeleitet werden.

---



### 5.2.3 Maßnahmenbündel: Baurestmassen Recycling

Tab. 33: Maßnahmenbündel Baurestmassen-Recycling.

<b>Maßnahmenbündel Baurestmassen-Recycling</b>	
Zielsetzung	Erhöhung von Qualität und Marktanteil von Recycling-Baustoffen
Einzelmaßnahmen	Pilotprojekte selektiver Rückbau, Sortierinseln bei Großbaustellen.
	Ausbildung von Fachkompetenz „Baurestmassenrecycling“ bei Planern und Ausführenden.
	Implementierung des Themas „Baurestmassenrecycling“ als verpflichtenden Lehrinhalt in HTL und Architekturstudium.
	Erweiterung und Detaillierung der Baurestmassentrennverordnung mit Kontrolle und Schadstoffkataster.
	Verpflichtende Sortierinseln zunächst bei Großbaustellen. In Folge Ausweitung auch auf kleinere Baustellen.
	Erstellung einer Checkliste als Grundlagen für ein Rückbaukonzept.
	Erstellung einer Rückbaufibel.
	Einführung des verpflichtenden Rückbau/Umbaukonzeptes unter Anwendung von zu entwickelnden Rückbaukriterien und Umbaurichtlinien und Kontrolle durch Behörde, dass Rückbau/Umbau auch entsprechend erfolgt ist. Erster Schritt: Selbstverpflichtung der öffentlichen Hand.
	Förderung des Abfallwirtschaftskonzeptes für Baustellen.
	Aktualisierung der Umweltverträglichkeitsbestimmungen für Recycling-Baustoffe aus Hochbaurestmassen und für Recycling-Sande in den Richtlinien des ÖBRV. Verankerung der Richtlinien des ÖBRV im Abfallrecht.
	Erlass von Abfallende Bestimmungen für qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe.
	Finanzielle Förderung des Recyclings von Baurestmassen und des Wiedereinsatzes von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen
	Vorschriften/Musterleistungsbeschreibungen für die öffentliche Beschaffung und öffentliche Bauvorhaben zum Mindesteinsatz von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen und zur Anwendung des selektiven Rückbaus.
Verpflichtende Grenzwerte für Recycling-Baustoffe (Gleichstellung von Grenzwerten/Qualitätsanforderungen für Recycling-Baustoffe und Primärbaustoffe).	
Schadstofferkundung, Erstellung eines Schadstoffkatasters für das „Lager“ Bauwerke und Verbot von umweltschädlichen/gesundheitsschädlichen Baustoffen.	
Wohnbauförderung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Höhere Förderungssätze beim Einsatz von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen bzw. ökologischen Baustoffen.</li> </ul>
Allgemeine Erläuterungen des Maßnahmenbündels	Schadstoffkataster: Datenbank und Informationsquelle für besonders belastete Bauwerke.



<b>Maßnahmenbündel Baurestmassen-Recycling</b>	
Erste Schritte zur Umsetzung des Maßnahmenbündels	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vereinheitlichung der Begriffsdefinitionen von Baurestmassen für die verschiedenen Normen und Regelungen in Zusammenarbeit mit dem ÖBRV.</li> <li>● Verordnung regelt mit strengen Umweltstandards und Nachweis der Einhaltung, wann ein qualitätsgesicherter Recycling-Baustoff zum Produkt wird.</li> <li>● Ökologische Qualitätsanforderungen für Baustoffe plus Sicherstellung, dass entsprechende Normen/Richtlinien in der öffentlichen Vergabe verpflichtend sind.</li> <li>● Erarbeiten von Förderrichtlinien und Musterleistungsbeschreibungen durch Bund und Länder bzw. Erarbeitung von Richtlinien zur Selbstverpflichtung: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Förderungen an den Einsatz von umweltverträglichen Baustoffen und an den Einsatz von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen knüpfen</li> <li>● Richtlinien für den Einsatz von Recycling-Baustoffen.</li> </ul> </li> <li>● Rechtliche Voraussetzungen schaffen <ul style="list-style-type: none"> <li>● zu prüfen, wie weit Raumordnung/Gemeinden betroffen.</li> </ul> </li> <li>● Gleichstellung von Grenzwerten/Qualitätsanforderungen für Recycling-Baustoffe und Primärbaustoffe.</li> </ul>
Einzubindende Akteure	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bund – Regelungen, Beschaffung, technische Richtlinien, rechtliche Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>● öffentliche Beschaffung,</li> <li>● Wasserbaufördergesetz,</li> <li>● Kommunalkredit,</li> <li>● ALSAG,</li> <li>● Straßenbau, Bundeswohnbau,</li> <li>● Abfalleneverordnung.</li> </ul> </li> <li>● Länder – (Förderungen, öffentliche Beschaffung, technische Richtlinien) <ul style="list-style-type: none"> <li>● Länder Wohnbauförderung,</li> <li>● Landesstraßenbau, ländliches Wegenetz.</li> </ul> </li> <li>● Gemeinden.</li> <li>● Bauindustrie (Herstellung und Einsatz von Recycling-Baustoffen), speziell ÖBRV.</li> <li>● Selbstverpflichtung von Bund und Ländern für den Einsatz von Recycling-Baustoffen.</li> </ul>
Erwartete Effizienz	<p>Das Ziel dieses Maßnahmenbündels ist es, die getrennte Sammlung von Baurestmassen weiter zu verbessern und die Voraussetzungen für die Marktdurchdringung von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen zu schaffen.</p> <p>Durch die Entwicklung und Implementierung effizienter Vorschriften, die Förderung von qualitätsgesicherten Recycling-Baustoffen, die Verbreitung der Information und das gute Beispiel der öffentlichen Hand sollte dieses Ziel auf wirksame Art erreicht werden können.</p>

## 6 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
BAWP	Bundes-Abfallwirtschaftsplan
BE	Baustelleneinrichtung
BGF	Bruttogeschoßfläche
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMWA	Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten
CV	Cushion-Vinyl-(Beläge)
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
MBA	Mechanisch-Biologische-Anlage
MIPS	Materialinput pro Serviceleistung, RC-Baustoffe Recycling-Baustoffe
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychloriertes Biphenyl
PCP	Pentachlorphenol
PPK	Papier, Pappe, Karton
RA	Asphaltgranulat
RAB	Beton/Asphalt-Mischgranulat
RB	Betongranulat
RC-Baustoffe	Recycling-Baustoffe
RH	Hochbauabbruch
RHZ	Hochbau-/Ziegelbruch
RMH	Mineralische Hochbaurestmassen
RMH	Beton/Asphalt/Gestein-Mischgranulat
RS	Recycling-Sand
RZ	Ziegelbruch
∑ KW	Summe Kohlenwasserstoffe
∑ PAK (EPA)	Summe der 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe bestimmt nach Norm der Environmental Protection Agency
∑ PCB	Summe Polychlorierte Biphenyle
SN	Schlüsselnummer
TGA	Technische Gebäudeeinrichtung
TOC	Total organic carbon
TS	Trockensubstanz
VO	Verordnung



## 7 LITERATUR

AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (2002): Technische Regeln zur Altholzbehandlung, o. O.

ARGE GEBÄUDEPASS E. V. (2005): Konvention Gebäudepass der BVMW-Baugütegemeinschaft ARGE Gebäudepass e. V. Bonn-Weimar. [www.immobiliengasse.de](http://www.immobiliengasse.de).

BARBER, J. (2005): Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. o. O.  
<http://www.innovations-report.de/html/berichte/materialwissenschaften/bericht-19832.html>.

BARTELT, R.; KLANN, M. & GUROL, CH. (2003): Abfallhandbuch im Bau. Umweltmagazin (2003) 12, S.36–39.

BAUER, B.; GANN, M.; LIPP, B. & ZELGER, TH. (2001): Internationales Umweltzeichen für nachhaltige Bauprodukte – Zusammenführung der Prüfkriterien von anerkannten Umweltzeichen in Zusammenarbeit mit dem Baustoffhandel. bmvit, ein Projektbericht im Haus der Zukunft, Wien.  
[http://www.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht\\_moetzi.pdf](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_moetzi.pdf).

BEYER, P. & KOPYTZIÖK, N. (2005): Abfallvermeidung und Verwertung durch das Prinzip der Produzentenverantwortung. in Druck.

BILITEWSKI, B.; HÄRDLE, G. & MAREK, K. (2000): Abfallwirtschaft – Handbuch für Praxis und Lehre. Springer 3. Auflage. 2000.

BILITEWSKI, B.; GEWIESE, A.; HÄRDLE, G. & MAREK, K. (1995): Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft. Beiheft zu Müll und Abfall 30, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1995.

BMLFUW – BUNDERMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2001): Bundes-Abfallwirtschaftsplan – Teilband Leitlinien zur Abfallverbringung und Behandlungsgrundsätze.

BMLFUW – BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2004): Handbuch für die Erstellung eines Abfallwirtschaftskonzeptes auf Groß-Baustellen. <http://umwelt.lebensministerium.at/article/archive/6983/>

BMVBW – BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN (o. J.): Hausakte für den Neubau von Einfamilienhäusern. Berlin.

BOIN, U. & HOUWELINGEN, J.V. (2004): Aluminium in Gebäuden – Erfassung und Einsammlung während des Abrisses. RECYCLING magazin (2004) 10, S.2832.

BRUCK, M. & GEISSLER, S. (2002): Leitfaden für die TQ-Bewertung – Kostengünstige, nutzer- und umweltfreundliche Gebäude. Österreichisches Ökologie-Institut und Kanzlei Dr. Bruck, Wien, [www.argetq.at](http://www.argetq.at).

BUCHER, P. (2004): Verwertung von Baurestmassen unter wirtschaftlichen und technischen Aspekten. Diplomarbeit, Fachhochschule Innsbruck.

BUCHINGER, B. (2004): Abfallbehandler und Deponien in Österreich 2004. Wirtschaftskammer Österreich, Wien.

BUNDESINNING BAU (2002): Baurestmassen – Trennung auf der Baustelle – Ein Leitfaden für die Baustelle, Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU, BUNDESMINISTERIUM FÜR VERTEIDIGUNG (1998): Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Bauabfällen bei Planung und Ausführung von baulichen Anlagen. Bonn.

BUWAL – BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (2003): Richtlinie PCB-haltige Fugendichtungsmassen. Bern.

EARTHWATCH – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (1992): Chemical Pollution – a global overview. UNEP, Geneva.

EK – EUROPÄISCHE KOMMISSION (2003): Mitteilung der Europäischen Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Integrierte Produktpolitik. KOM(2003)302 endgültig, Brüssel, 18.6.2003.

ERNST, M. & DENKMAYR, J. (2005): Baum-Häuser. Profil, Wien, 36 (2005) 12, S. 74–81.

FECHNER, J.; UNZEITIG, U. & MÖTZL, G. (2004 a): Leitfaden – Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Bauabfällen bei Planung und Ausführung von Bauten. Initiative Abfallvermeidung, Wien, 2004, [www.abfallvermeidungwien.at](http://www.abfallvermeidungwien.at)

FECHNER, J.; MÖTZL, G. & UNZEITIG, U. (2004 b): Abfallvermeidung im Bausektor. Stadt Wien.

FECHNER, J.; UNZEITIG, U. & MÖTZL, G. (2004c): Abfallvermeidung im Bausektor – Flexibel und demontabel Bauen – Beispiele. Initiative Abfallvermeidung, Wien, 2004, [www.abfallvermeidungwien.at](http://www.abfallvermeidungwien.at)

GRECH, H.; OLIVA, J.; SCHEIBENGRAF, M. & ANGERER, TH. (2003): Recyclingbaustoffe – Regelung der Umweltverträglichkeit. Schriftenreihe des BMLFUW Band 5/2003, Wien.

GRETZMACHER, G. (2003): Wiederverwertung von Baumaterialien – Erfahrung aus der Praxis. Proc. Vermeidung von Baustellenabfällen in Wien, Wien, 18.06.2003.

GUA & VOGEL-LAHNER, T. (2003): Bauwerk Österreich – Management von Baurestmassen nach den Gesichtspunkten der optimalen Ressourcennutzung und des langfristigen Umweltschutzes anhand der Güter- und Stoffbilanz des "Bauwerks Österreich". GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen, Wien Dezember 2003.

IBAW – INTERESSENGEMEINSCHAFT BIOLOGISCH ABBAUBARE WERKSTOFFE (2005a): Biologisch Abbaubare Werkstoffe – Grundlagen. [http://www.ibaw.org/deu/seiten/typen\\_frameset.html](http://www.ibaw.org/deu/seiten/typen_frameset.html)

IBAW – INTERESSENGEMEINSCHAFT BIOLOGISCH ABBAUBARE WERKSTOFFE (2005b): Highlights in Bioplastics. [http://www.ibaw.org/eng/downloads/050203\\_Highlights\\_in\\_Bioplastics\\_en.pdf](http://www.ibaw.org/eng/downloads/050203_Highlights_in_Bioplastics_en.pdf)

JORDE, T. & GUPFINGER, H. (o.J.): Abschätzung künftiger Probleme der Entsorgung von Hochbaurestmassen durch veränderte Konstruktionsweisen. Ökologie-Institut im Auftrag der MA 48, Wien.

JUNGMANN, A. (1997): Bauschutttaufbereitung mit allg. Setzmaschinen in Europa und USA. [http://www.b-i-m.de/Public/Deutag\\_remex/aufbtech1097deu.htm](http://www.b-i-m.de/Public/Deutag_remex/aufbtech1097deu.htm) (Zugriff am 12.11.2004). Duisburg.

KÄB, H. (2002): Zurück zur Natur – Trends bei Produktenwicklungen und Märkten von biologisch abbaubaren Werkstoffen. KU Kunststoffe, Carl Hanser verlag, München, 92 (2002) 9, S. 34–39; [http://www.ibaw.org/deu/downloads/Kunststoffe\\_2002-10-d.pdf](http://www.ibaw.org/deu/downloads/Kunststoffe_2002-10-d.pdf).



KIM, J.-J. & RIGDON, B. (1998): Sustainable architecture module: Introduction to sustainable design. National Pollution Prevention Center for Higher Education, Ann Arbor, 1998; [www.umich.edu/~nppcpub/](http://www.umich.edu/~nppcpub/)

KOPYTZIOK, N. (2000): Bausteine einer Umweltberatung im Bauwesen. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.): Vermeidung und Verwertung von Bauabfällen in Schleswig-Holstein. Tagungsdokumentation. Flintbek 2000. <http://kopytziok.de/abfallvermeidung.htm>

KOPYTZIOK, N. & LINDEN, W. (1999): Den Wert erhalten – Durch Strategien wie Nutzungsverlängerung und abfallarmes Bauen lassen sich im Bausektor Umweltbelastungen vermeiden. MÜLLMAGAZIN (1999) 3, S. 39–43.

KROPIUNIK, H. (2002): Entsorgung von asbesthaltigen Boden- und Wandbelegen. Schriftenreihe des BMLFUW Band 26/2002, Wien.

KROPIUNIK, H. (2004a): Polychlorierte Biphenyle PCB. Umweltschutz 3/2004.

KROPIUNIK, H. (2004b): PAK Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Umweltschutz 4/2004.

LANDESINSTITUT FÜR BAUWESEN DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2000): Wiederverwendung und Recycling im Hochbau. Reihe 1.41-2000.

LANDESINSTITUT FÜR BAUWESEN DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2002): Abfallvermeidung am Bau. LB Ratgeber.

LANDESINSTITUT FÜR BAUWESEN DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2003): PCB in Gebäuden – Nutzerleitfaden. Aachen.

LEEB, CH. (2004): persönliche Mitteilung, ÖBB-Umweltmanagement, 09.12.2004

LEEB, CH. (2005): persönliche Mitteilung, ÖBB-Umweltmanagement, 31.01.2005

LFU-LFW – BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ; BAYRISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2003): LfU-LfW-Merkblatt – Anforderungen an die Entsorgung von Gleisschotter. Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München, LfW-Merkblatt Nr. 3.4/2 (2003).

LIPSMEIER, K. (2004): Abfallkennzahlen für Neubauleistungen im Hochbau – Hochbaukonstruktionen und Neubauvorhaben im Hochbau nach abfallwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Dissertation, Technische Universität Dresden, Beiträge zu Abfallwirtschaft/Altlasten Band 37, 2004.

MA 22 – MAGISTRATSABTEILUNG 22 WIEN (2003): Asbestzement. <http://www.wien.gv.at/ma22/abfall/entsorgung.htm>

MANN, F.; SSINDT, V. & RENTZ, O. (1995): Selektiver Gebäuderückbau – technische und wirtschaftliche Aspekte. In: Bauabfallentsorgung Von der Deponierung zur Verwertung und Vermarktung. Tagungsband des 8. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft im Dezember 1995. Aachen.

MAYDL, P. (1995): Verwertungsmöglichkeiten für Hochbaurestmassen. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie. Band 13. Wien.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (2003): Handlungshilfe für Entscheidungen über Ablagerbarkeit PAK-, MKW, BTXE-, LHKW-, PCB-, PCDD/F- und Herbizid-haltiger Abfälle. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart.

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (2004): Erlass vom 13. April 2004 „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“.

MUND, A. (1996): Abfallwirtschaftskonzept Baustelle. In: 4. Weimarer Fachtagung über Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft – Kreislaufwirtschaft im Bergbau. Schriftenreihe der Professuren Abfallwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft, Bauhaus-Universität Weimar.

NORDRHEIN-WESTFALEN (1996): Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie NRW). Runderlass des Ministeriums für Bauen und Wohnen vom 3. Juli 1996.

OBERNOSTERER, R.W. (1994): Flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe FCKW, CKW, Halone Stoffflussanalyse Österreich. Diplomarbeit. TU-Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft.

(<http://www.iwa.tuwien.ac.at/htmd2264/publikat/publis/pub2994.htm>)

OBERNOSTERER, R. (2000): Das Niedrigstoffhaus – Ein stoffeffizientes Bauwerk im regionalen Ressourcenhaushalt eingebettet. Proc. Das ökologische Passivhaus – Baustandard für die Zukunft, St. Pölten 16.–17.10.2000; [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (1995) Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen,

Anwendungsbereich: Zementgebundene Massen, Mai 1995

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (1996): Verwertungsorientierter Rückbau. Ein Leitfaden für Bauherren und Ausführende.

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (1996a): Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen, Anwendungsbereich: Ungebundene Massen, Juli 1996

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (1998): Richtlinie für Recycling-Sand aus mineralischen Baurestmassen, Oktober 1998

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND D (2003): [www.br.v.at](http://www.br.v.at)

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (2004): Richtlinien für Recycling-Baustoffe. 6. Auflage.

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (2004a): Richtlinie für Fließfähiges, Selbstverdichtendes Künettenfüllmaterial mit recyceltem, gebrochenem Material, 2004

ÖBRV – ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFF-RECYCLING VERBAND (2004b) Richtlinie für die Aufbereitung kontaminierter Böden und Bauteile, Dezember 2004

OEKOTECHNA ENTSORGUNGS- UND UMWELTTECHNIK GESMBH (2003): Umwelterklärung 2003 nach der EMAS Verordnung 761/2003. Perchtoldsdorf

ON – ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (1996): ÖNORM B 2251 Abbrucharbeiten – Werkvertragsnorm. Wien, 1. April 1996

ON & ÖBRV – ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM & ÖSTERREICHISCHER BAUSTOFFRECYCLING VERBAND (1996): Verwertungsorientierter Rückbau – Ein Leitfaden für Bauherren und Ausführende zur ÖNORM B2251 Abbrucharbeiten. Wien, März 1996

PERZ, K. (2004): Umweltbundesamt, Klagenfurt, persönliche Mitteilung, 1.10.2004



PLADERER, C.; GANGLBERGER, E.; FUNDER, B. et al. (2004): Vermeidung von Baustellenabfällen in Wien. Magistratsabteilung 48 Wien. <http://www.abfallvermeidungwien.at/>

RENTZ, O.; RUCH, M.; NICOLAI, M. et al. (1994): Selektiver Rückbau und Recycling von Gebäuden. ecomed verlagsgesellschaft AG & Co. KG. Landsberg.

ROOS, H.-J. & WALKER, I. (1995): Bauabfallentsorgung. Von der Deponierung zur Verwertung und Vermarktung. Tagungsband des 8. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft im Dezember 1995. Band 8 der Schriftenreihe der RWTH Aachen ABFALL – RECYCLING – ALTLASTEN. Aachen.

RUCH, M.; SCHULTMANN, F.; SINDT, V. & RENTZ, O. (1995): Selektiver Gebäuderückbau – technische und wirtschaftliche Aspekte. In: Bauabfallentsorgung Von der Deponierung zur Verwertung und Vermarktung. Tagungsband des 8. Aachener Kolloquiums Abfallwirtschaft im Dezember 1995. Aachen.

RUMBA (2003): RUMBA-Richtlinien für umweltfreundliche Baustellenabwicklung. <http://www.rumba-info.at/files/oekotechna4.pdf>

RWTH-AACHEN (2004): Abfallwirtschaft I (Vorlesungsskriptum). RWTH-Aachen, 1.8.2004. <http://www1.isa.rwth-aachen.de/www/lehre/umdrucke/siwawi/abfall1/pdf/01abf1.pdf>

SATLOW, CH.; ZURITA, A. & PRETZ, TH. (2002): Copper in different types of buildings as a secondary deposit. TMS Fall 2002 Extraction and Processing Division Meeting on Recycling and Waste Treatment in Mineral and Metal – Processing: Technical and Economic Aspects, 16.–20.06.2002, Lunea. <http://www.iar.rwth-aachen.de/>

SCHMIDT, A.; LINSMEYER, T.; MAYERHOFER, G. et al. (1996): Branchenkonzept Holz. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.

SCHULTMANNCHULTMANN, F. (1996): Recyclinggerechte Gewinnung von Baurestmassen durch selektiven Gebäuderückbau. 4. Weimarer Fachtagung über Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft – Kreislaufwirtschaft im Bergbau – Schriftenreihe der Professuren Abfallwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft, Bauhaus-Universität Weimar

SINDT, V.; RUCH, M.; SCHULTMANN, F. & RENTZ, O. (1997): Möglichkeiten der Verbesserung der Umweltverträglichkeit aufbereiteter Hochbaurestmassen. Müll und Abfall 4 – 97.

STADT WIEN (2005): Ökokauf-Wien. <http://www.wien.gv.at/ma22/oekokauf/>

STATISTIK AUSTRIA (2005): Statistische Übersichten 2. Quartal 2005. Wien

STOLZ, P.; KROSS, J.; THURMANN, U. & MÜLLER, H. (1999): Verfahren zur Holzschutzmittelbestimmung. Umweltbundesamt Berlin.

TAPPEINER, G.; KOBLMÜLLER, M.; STAFFLER, G. & WALCH, K. (2002): Heimwert – Ökologisch-ökonomische Bewertung von Siedlungsformen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 25 (2002), [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

UMWELTBUNDESAMT (1995): Lechner, P. & Dreier, P.: Baurestmassen – Vermeidung, Verwertung, Behandlung. Reports UBA-95-110.

UMWELTBUNDESAMT (1998): Schachermayer, E.; Lahner, T. & Brunner, P.: Stoffflussanalyse und Vergleich zweier Aufbereitungstechniken für Baurestmassen. M-099. Wien.

UMWELTBUNDESAMT (1999): Gans, O.; Scharf, S. & Seif, P.: PAH in der Umwelt – Messungen 1989–1998. Reports R-153, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2005a): Denner, M.; Schachermayer, E. & Scheibengraf, M.: Baurestmassen – Grundlagen zur Charakterisierung und Beurteilung des potenziellen Risikos bei der Ablagerung. BE-273. Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2005b): Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen aus Hochbaurestmassen. In Ausarbeitung.

WALCH, K.; LECHNER, R.; TAPPEINER, G. et al. (2001): Gebaut 2020 Zukunftsbilder und Zukunftsgeschichten für das Bauen von morgen. Ein Projektbericht im Haus der Zukunft, Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie, Wien (2001)

WALKER, I. (2000): Optimierung der Verwertung und Vermarktung mineralischer Baustoffe aus Bauabfällen. Band 25 der Schriftenreihe der RWTH Aachen ABFALL – RECYCLING – ALTLASTEN. Aachen, 2000

WHE (2004): Eine logistische Herausforderung – Baustellenabfälle. Recyclingmagazin (2004) 02, S. 10–12

WIMMER, R., HOHENSINNER, H.; DRACK, M. & KUNZE C. (2005): S-House – Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2005; <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

WIMMER, R.; HOHENSINNER, H.; JANISCH, L. & DRACK, M. (2001): Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen. Gruppe Angepasste Technologie, Wien, 2001, [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

WIMMER, R.; JANISCH, L.; HOHENSINNER, H. & DRACK, M. (2001): Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz Nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen. Gruppe Angepasste Technologie, Wien, 2001, [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

WINTER, W.; DREYER, J. & SCHÖBERL, H. (2001): Holzbauweisen für den verdichteten Wohnbau. Schöberl & Pöll OEG, Wien, 2001, [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

ZÄHRER, L. (2004): 2004 und danach – Kontinuität und Änderungen. Proc. Österreichische Abfallwirtschaftstagung 2004, Graz, 24.–25. März 2004

## Rechtsvorschriften

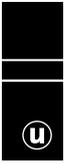
Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002, BGBl. I 102/2002).

Bundesvergabegesetz 2002 (BVergG, BGBl. I 99/2002)

Entscheidung 2003/33/EG des Rates vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG.

Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl. L1/65, 4.1.2003

Verordnung des Bundesministeriums für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung 1996, BGBl. 164/1996 in der Fassung BGBl. II Nr. 49/2004)



Verordnung des Bundesministers für Umwelt , Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeit anfallenden Materialien (Baurestmassentrennverordnung, BGBl 259/1991)