

Abschätzung künftiger Probleme der Entsorgung von Hochbaurestmassen durch veränderte Konstruktionsweisen

AutorInnen:

Dipl.Ing. Tristan Jorde, Mag. Henriette Gupfinger

MitarbeiterInnen:

Erik Ferchau, Gina Bezan
Österreichisches Ökologie-Institut
im Auftrag der MA 48

INHALT

Seite

1 EINLEITUNG.....7

1.1 Probleme bei der Entsorgung von Hochbaurestmassen.....8

1.2 Ziel der vorliegenden Arbeit.....8

1.3 Zahlen und Definitionen zu Baurestmassen 9

1.4 Rechtliche Grundlagen 14

1.4.1 Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes, BGBl. 325/1990 i.d.g.F. 14

1.4.2 Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien, (Baurestmassentrennungsverordnung-BauschuttVO), BGBl. 259/1991 14

1.4.2.1 Erlaß des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 29.7.1993 Zl.083504/494- V/4/93-FÜ 15

1.4.3 Altlastensanierungsgesetz, (AlSaG), BGBl. 259/1991 i.d.g.F. 15

1.4.3.1 Erlaß des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 7. April 1993, Zl. 083523/26- V/4/93 16

1.4.4 Verordnung über die Ablagerung von Abfällen, (Deponieverordnung - DeponieVO), BGBl. 164/199617

1.4.5 Richtlinie für Recyclingbaustoffe (Juli 1993) 18

1.4.5.1 Richtlinie für Recyclingbaustoffe aus Hochbaurestmassen Stand Mai 1995 18

1.4.5.2 Richtlinie für Recyclingbaustoffe aus Hochbaurestmassen Stand Juli 1996 19

2 BAUSTOFFE, BAUMATERIALIEN UND BAUWEISEN UND IHRE ENTSORGUNGSWEGE 21

2.1 Definitionen und Abgrenzungen 21

2.2 Deponieverhalten.....21

2.2.1 Beton	21
2.2.1.1 Normalbeton	22
2.2.1.2 Leichtbeton	23
2.2.1.3 Porenbeton	23
2.2.1.4 Zementgebundene Sonderbaustoffe	24
2.2.2 Keramische Baustoffe.....	26
2.2.3 Natursteine.....	27
2.2.4 Baugläser	28
2.2.5 Metalle	29
2.2.6 Holz	32
2.2.7 Dämmstoffe	36
2.2.7.1 Dämmstoffe aus geschäumten Kunststoffen.....	36
2.2.7.2 Halogenkohlenwasserstoffe in Dämmstoffen.....	38
2.2.7.3 Gebundene Faserdämmstoffe.....	38
2.2.7.4 Holzwolle- Leichtbauplatten (HWLP).....	39
2.2.7.5 Holzfaserdämmplatten	40
2.2.7.6 Hüttenbims	40
2.2.7.7 Zellulosefaser.....	41
2.2.7.8 Schaumglas	41
2.2.7.9 Schafwolle	41
2.2.7.10 Kokosfasern, Stroh, Schilf und Kork	42
2.2.8 Kunststoffe.....	43
2.2.9 Kalksandsteine.....	46
2.2.10 Gips	46
2.2.11 Magnesiabinder	48

2.3 Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit	49
2.3.1 Nach Stoffen und Materialien	49
2.3.1.1 Betone und Mörtel	50
2.3.1.2 Keramische Stoffe	50
2.3.1.3 Natursteine	51
2.3.1.4 Bauglas	51
2.3.1.5 Metalle	52
2.3.1.6 Bauholz	52
2.3.1.7 Dämmstoffe	53
2.3.1.8 Kunststoffe	53
2.3.1.9 Mineralische Bindemittel	54
2.3.1.10 Baustoffgruppen mit erheblichen Handlungsbedarf	54
2.3.2 Nach Bauweisen der Außenwände	54
2.3.2.1 Die einschalige Außenwand (Außenputz/ Mauerwerk/ Innenputz)	54
2.3.2.2 Außenwände mit Wärmedämm-Verbundsystem (Außenputz/ Dämmschicht/ Mauerwerk/ Innenputz oder Wärmedämmputz/ Mauerwerk/ Innenputz)	55
2.3.2.3 Mehrschalige Wandaufbauten mit Luft- und Dämmschicht (Vormauerschale/ Luftschicht/ Dämmschicht/ Mauerwerk/ Innenputz)	55
2.3.2.4 Wandmaterialien von Außenwände mit Kerndämmung (Vormauerschale/ Dämmschicht/ Mauerwerk/ Innenputz)	55
 3 HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER BAUWEISEN IN WIEN SEIT 1945 (ÜBERBLICK)	 56
3.1 Historischer Überblick über Bauweisen seit 1945	56
3.1.1 Allgemeines	56
3.1.2 Spezielle Bauweisen im Bereich der Stadt Wien	59
 3.2 Auswertung der Datenblätter der MA 24 über die Bauweisen im sozialen Wohnbau der Gemeinde Wien	 60

4 ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN UND TRENDS	65
4.1 Allgemeine Trends im Hochbau	65
4.2 Umweltqualitätswettbewerb im geförderten Wohnbau der Stadt Wien	66
5 EMPFEHLUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE GESTALTUNG VON HOCHBAUTEN.....	69
5.1 Vermeidung durch Lebensdauererhöhung und Konservierung	69
5.1.1 Multifunktionelle Gestaltung von Neubauten	69
5.1.2 Konservierung und Adaptierung des Altbestandes	70
5.2 Erhöhung der Verwertungsquoten	70
5.2.1 Schritte in Richtung optimales Mineralstoff-Recycling	72
5.3 Selektiver Rückbau und Demontage.....	75
5.3.1 Planungsphasen für einen kontrollierten Rückbau	76
5.3.1.1 Prüfung Bauunterlagen, Gebäudebegehung	76
5.3.1.2 Annahme der Stoffarten und -mengen und Einbausituation eventuell Probennahme/ Analytik	77
5.3.1.3 Festlegung von Ausbau- und Abbruchtechniken Arbeitssicherheitsanforderungen	78
5.3.1.4 Festlegung der Verwertungs- und Entsorgungssituation	79
5.3.1.5 Kosten - Nutzen - Vergleich	79
5.3.1.6 Demontageplan	81
5.3.2 Schritte in Richtung optimales Bauteil-Recycling	82
5.4 Weiterentwicklung der Wiener Bauvorschriften und der Wiener Bauordnung	85
5.4.1 Zulassung von Baumaterialien und Bauweisen.....	85
5.4.2 Wiederaufnahme von verbesserten Abbruchbescheiden.....	85
6 ZUSAMMENFASSUNG.....	87
7 LITERATUR	89

Einleitung

Baurestmassen sind ein zentrales Problem der Abfallwirtschaft. Waren es bisher eher die quantitativen Aspekte (ca. 50% des gesamten Abfallaufkommens stammen aus Baurestmassen einschließlich Bodenaushub), stehen jetzt zunehmend auch die qualitativen Probleme im Zentrum der Betrachtung. Durch neue Bauweisen, neuartige Baustoffe und -materialien ergeben sich zunehmend Probleme beim traditionellen Entsorgungsweg des Bauschutts, der Bauschuttdeponie. Vor einigen Jahren begann sich der Gedanke des Bauschuttrecyclings durchzusetzen, in den zunächst große Hoffnungen zur Problembewältigung gesetzt wurden. Es zeigte sich sehr rasch, daß die konkurrenzlos niedrigen Deponiepreise für Bauschutt einen größeren Anteil des Recyclings unmöglich machten. Daran konnte auch die ergangene Baurestmassentrennverordnung des Umweltministeriums nur wenig ändern. Es zeigt sich auch, daß die Recyclingaktivitäten fast ausschließlich auf den Bereich der Tiefbaurestmassen konzentriert werden, während die qualitativ meist problematischeren Hochbaurestmassen noch relativ unbeachtet bleiben.

Auch der Gedanke der Abfallvermeidung - durch Lebensdauerverlängerung, Althausanierung u.a. - steckt als systematische Strategie erst in seinen Anfängen.

Die vorliegende Arbeit im Auftrag der MA 48 soll dazu dienen, in dieser Richtung ein Problembewußtsein zu schaffen, die Bausubstanz Wiens nach 1945 qualitativ zu analysieren und Empfehlungen für zukünftige Vorgangsweisen zu erarbeiten.

Damit sowohl aus Sicht der Stoffstromreduzierung (Nachhaltigkeit) als auch aus Sicht des spezifisch Wiener Deponieraumproblems die Restmassen aus dem Hochbau für die Stadt bewältigbar bleiben und die Stadt Wien strategisch die Weichen in Richtung einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung stellen kann.

Wien, im Juni 1997

1.1

Probleme bei der Entsorgung von Hochbaurestmassen

Durch den Einsatz neuartiger Materialien und sich ständig verändernder und steigender Anforderungen an die Gebäude verändert sich auch nachhaltig das Spektrum der eingesetzten Materialien. Waren es bei den Gründerzeitbauten des alten Wien hauptsächlich große Massen an Ziegelbruch und in der Folge auch größere Flächen reinen Betonabbruchs, so haben in den letzten 30 Jahren eindeutig die Anwendungen von Spezial- und Compoundmaterialien, eingesetzt in einer immer komplexer werdenden Bauweise, zugenommen. Dabei müssen bei moderneren Gebäuden oft widersprüchliche Umweltziele mitberücksichtigt werden. Die Forderung nach aufwendigem Wärmeschutz widerspricht in den bisherigen Ausprägungen den Grundsätzen einer entsorgungsfreundlichen Konstruktion. Ökobilanzierung oder Betrachtung der Entsorgung findet derzeit bei praktisch keinen Beurteilungen von Wärmedämmkonstruktionen Beachtung.

Entsprechend den Prioritäten der Abfallwirtschaft müssen in Zukunft auch viel stärker als bisher Vermeidungskonzepte beachtet werden, was bedeutet, daß den Fragen der Sanierung (im Gegensatz zum gedankenlosen Abbruch), der multidimensionalen Gebäudenutzung und der umbaufähigen Gebäudegestaltung zukünftig wesentlich mehr Raum im Planungsprozeß geschenkt werden müssen.

1.2 Ziel der vorliegenden Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einerseits das Problembewußtsein für eine eher nur am Rande beachtete Frage zu schärfen. Die Stadt Wien als wichtiger Auftraggeber für Hochbauten sollte eine weitere Entscheidungsgrundlage im Hinblick auf die Auswahl von Bauarten und Konstruktionsweisen und gleichzeitig Empfehlungen für die zukünftige Praxis sowohl in rechtlicher als auch technischer Sicht erhalten. In diesem Zusammenhang sei auch im Hinblick auf eine weitere Vertiefung dieses Themas darauf hingewiesen, daß sich in der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) die Arbeitsgruppe Stoffströme (unter Einbeziehung der MA 48) näher mit den Fragen der Ökobilanzierung von Verbundbaustoffen auseinandersetzen möchte, wofür diese Arbeit einen guten Einstieg bietet.

1.3 Zahlen und Definitionen zu Baurestmassen

Mit einem Materialumsatz von jährlich mehr als 100 Mio Mg entfällt rund die Hälfte des gesellschaftlichen Materialumsatzes in Österreich auf das Aktivitätsfeld Bauen. Im Vergleich dazu beträgt der Anteil des Aktivitätsfeldes Bauen an der gesamten Wertschöpfung des Landes weniger als 10 Prozent. [BMUJF 1996]

Dabei wird ersichtlich, daß bei Stoffstrombetrachtungen aus dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit ("Faktor 4 Reduzierung") das Bauwesen eine besondere Stellung einnimmt.

Die Bautätigkeit hat den höchsten Anteil am gesamten stofflichen Verbrauch der österreichischen Volkswirtschaft. 52 Mio Mg, das ist ein Drittel des jährlichen Feststoffwechsels, gehen in den Neubau von Gebäuden und baulicher Infrastruktur (ohne Umsatz, der durch Abbruch und Deponierung entsteht).

Abb. 1: Materialflüsse im Aktivitätsfeld Bauen - Gesamtdarstellung 1992; Quelle : IFF
in Materialflußrechnung Österreich, BMU 1996

Abb. 2: Aktivitätsfeld Bauen - Materialflüsse 1992; Quelle: IFF in Materialflußrechnung Österreich, BMU 1996

Im deutschen Sprachraum hat sich als Nomenklatur für alle im Bauwesen anfallenden Abfälle der Begriff "Baurestmassen" durchgesetzt. Demnach werden diese Baurestmassen in 4 Untergruppen unterteilt:

	mittlerer Anteil	in Ballungsgebieten
1. Bodenaushub	65 - 75 Prozent	max. 60 Prozent
2. Straßenaufbruch	10 - 15 Prozent	ca. 10 Prozent
3. Abbruch-, Bauschutt	10 - 15 Prozent	15 - 20 Prozent
4. Baustellenabfälle	5 Prozent	ca. 10 Prozent

Tab. 1: Baurestmassenaufgliederung [nach MAYDL 1994]

Zur Zeit werden in Österreich 9 Mg Baumaterialien pro Einwohner und Jahr in Form von Gebäuden und Infrastruktur verbaut. 1 Mg pro Einwohner fällt jährlich an Abbruchschutt, Baustellenabfällen an. [LAHNER in HEIMERL/MAYDL/STIERLE 1996]

Laut Bundesabfallwirtschaftsplan 1995 kann das Massenpotential für Baurestmassen in Österreich mit knapp 22 Mio Mg beziffert werden. Diese Stoffgruppe umfaßt somit rund 56 Prozent des Gesamtabfallaufkommens von rund 39 Mio Mg pro Jahr.

Der Bauschutt wird im Bundesabfallwirtschaftsplan 1995 auf 2,65 Mio Mg österreichweit beziffert.

Nach Angaben des Österreichischen Baustoff-Recycling-Verbandes wird für das Jahr 1997 eine Aufbereitung von insgesamt 3,16 Mg Baurestmassen erwartet. Die Recyclingbetriebe des Baustoff-Recycling-Verbandes betreiben insgesamt 92 Anlagen im gesamten Bundesgebiet. Am häufigsten wird Asphalt (73 Anlagen) gefolgt von Beton (54 Anlagen) zu einem Baustoff verarbeitet.

49 Betriebe haben die Möglichkeit auch mineralische Restmassen aus dem Hochbaubereich aufzubereiten. Im Jahr 1996 stieg die Aufbereitungsquote des mineralischen Bauschutt gegenüber dem Vorjahr um 26,7% an.¹

Die Abbruchstätigkeit in Wien stieg zwischen 1985 mit 105 Abbrüchen und 1992 mit 375 Abbrüchen um das Dreifache, in den Jahren 1994 mit 319 Abbrüchen und 1995 mit 360 Abbrüchen veränderte sich die Abbruchstätigkeit jedoch kaum.

Pro Abbruch wird von 3.000 Mg Abbruchschutt ausgegangen [MAYDL, 1994].

Somit ergibt sich für die 360 Abbrüche im Jahr 1995 eine hochgerechnete Bauschuttmenge von 1.080.000 Mg.

Im Abfallwirtschaftskonzept 1995 der Stadt Wien wird demgegenüber von einer Menge von 700.000 Mg Bauschutt im Jahr 1995 ausgegangen.

Nach Erfahrungswerten von Abbruchunternehmern besteht Bau- bzw. Abbruchschutt zu mehr als 90 Prozent aus mineralischen Fraktionen. Holz ist mengenmäßig der zweitgrößte Bestandteil mit einem Anteil von 3-4%. [MAYDL, 1994]

Bedenklich ist die Entwicklung, daß seit September 1996 für eine Abbruchstätigkeit kein Bescheid der Baupolizei mehr nötig ist. Es genügt eine Anzeige drei Tage vor Abbruch an die Behörde. Deshalb gibt es seit September 1996 keine Abbruchsstatistik mehr, wodurch die Erfassung und Beurteilung von Trends nicht mehr möglich ist (s. Kapitel 5.4.).

1.4

¹ Car, M.: Österreich: Recycling hat guten Stellenwert am Bau, in Österreichischer Bauzeitung 6/1997

Rechtliche Grundlagen

1.4.1 Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes, BGBl. 325/1990 i.d.g.F.

Im Bundesgesetz vom 6. Juni 1990 über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen (AWG) sind u.a. die Schonung der Rohstoff- und Energiereserven und die Minimierung des Deponievolumenverbrauchs als Ziele festgehalten.

1.4.2 Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien, (Baurestmassentrennungsverordnung-BauschuttVO), BGBl. 259/1991

Die Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien ist mit 1.1.1993 in Kraft getreten. Diese Verordnung schreibt vor, die anfallenden Materialien bei Ausführung einer Bau- oder Abbruchtätigkeit im Rahmen eines Bauvorhabens, sofern bestimmte Mengenschwellen überschritten werden, in 8 Stoffgruppen zu trennen:

Stoffgruppen	Mengenschwelle in Mg
Bodenaushub	20
Betonabbruch	20
Asphaltaufbruch	5
Holzabfälle	5
Metallabfälle	2
Kunststoffabfälle	2
Baustellenabfälle	10
mineralischer Bauschutt	20

Tab. 2: 8 Stoffgruppen mit Mengenschwellen, ab denen die Stoffe getrennt zu erfassen sind [nach BauschuttVO 1993]

Der Anfall der Abfälle ist anhand von Aufzeichnungen, entsprechend der Abfallnachweisverordnung BGBl. 65/1991, nachzuweisen.

Die Nachweispflicht trifft den Auftraggeber, wobei hier die Aufzeichnungen des Auftragnehmers im Sinne der Abfallnachweisverordnung herangezogen werden können.

Wenn die erfaßten Materialien keiner Verwertung zugeführt werden können oder eine Verwertung durch Transport unverhältnismäßig hohe Kosten erzeugt, sind sie je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische oder chemisch-physikalische Verfahren zu behandeln oder möglichst reaktionsarm, konditioniert und geordnet abzulagern.

1.4.2.1 Erlaß des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 29.7.1993 ZI.083504/494-V/4/93-FÜ

Im Erlaß zur BauschuttVO wird u.a. die wirtschaftliche Zumutbarkeit der Trennung und Verwertung von Baurestmassen geregelt. Demnach ist eine Verhältnismäßigkeit dann gegeben, wenn eine entsprechende Verwertung im Umkreis von 50 km (tatsächlich zu fahrenden Straßenkilometer) ab Abfallort existiert, und die Kosten der ordnungsgemäßen Verwertung im Vergleich mit einer ortsüblichen Deponierung in genehmigten Anlagen 25% nicht überschreiten. Bis zu Mehrkosten von 25% ergibt sich dadurch die Verpflichtung zur Verwertung von Baurestmassen anstelle einer Deponierung.

1.4.3 Altlastensanierungsgesetz, (ALSaG), BGBl. 259/1991 i.d.g.F.

Das am 1. Juli 1989 in Kraft getretene Altlastensanierungsgesetz (ALSaG) wurde durch die ALSaG-Novelle BGBl. 760/1992 und das Strukturanpassungsgesetz BGBl. 201/1996 geändert. Demgemäß sind Baurestmassen im Sinne dieses Bundesgesetzes Abfälle gemäß der DeponieVO BGBl. 164/1996 und unterliegen dem Altlastensanierungsbeitrag.

Die Höhe des Altlastensanierungsbeitrages beträgt seit 1. Jänner 1997 für mineralische Baurestmassen öS 60,- je angefangenem Megagramm. Der Beitrag erhöht sich ab 1. Jänner 1998 auf öS 80,- und ab 1. Jänner 2001 auf öS 100,-. Entweder der Betreiber der Deponie bzw. des Zwischenlagers oder derjenige, der den Abfall ausführt ist Beitragsschuldner.

Keiner Altlastenbeitragspflicht unterliegt die Wiederverwendung von mineralischen Baurestmassen als Baustoffe für Drain- oder Tragschichten, für die Erzeugung von Zement oder bituminöse gebundene Baustoffe, zur Herstellung von konkreten Bauwerken, die im Zusammenhang mit einer Baumaßnahme erforderlich sind (z.B. Dammschüttung) als Ersatz von Naturmaterialien, für Geländeanpassungen, die im Zuge von Baumaßnahmen notwendig werden und denen bautechnische Funktion zukommt (z.B. Straßenbau, Lärmschutzdämme, Baugeländekorrekturen).

Der Altlastensanierungsbeitrag, der für mineralischen Bauschutt in der Größenordnung unterer Aufbereitungskosten liegt, soll durch Verteuerung des Deponierens einen Anreiz zur Verwertung schaffen, was zusammen mit einer entsprechenden Deponiegebühr auch möglich sein sollte. Es drängt sich jedoch aufgrund verschiedener Beobachtungen der Verdacht auf, daß auch weiterhin bei einzelnen Deponien eine konsequente Einhebung bis heute nicht erfolgt.

1.4.3.1 Erlaß des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 7. April 1993, Zl. 083523/26-V/4/93

Nach obzitierten Durchführungserlaß dürfen folgende Abfälle bis zu insgesamt 2 M% beigemischt sein, ohne daß die Baurestmassen ihre Eigenschaft als "mineralischen Baurestmassen" verlieren:

- Holz und Produkte, die Holzspäne, Holzfasern oder Zellulosefasern enthalten
- Gipskartonplatten
- Tapeten
- Kork
- Rinde
- Stroh

Weiters dürfen mineralische Baurestmassen folgende Beimengungen bis zu 1 M% enthalten:

- PVC-Fensterrahmen
- Kunststoffplatten, -folien, -bahnen
- Fußbodenbeläge
- Dachrinnen, Armaturen, Rohre
- Kabelisolierungen
- Ausgehärtete Fugenmassen
- Dämmplatten

Wird der Grenzwert überschritten, ist ab 1.1.1995 ein Altlastenbeitrag von öS 90,- zu entrichten. Diese Bestimmung wurde jedoch vom VfGH mit Erkenntnis vom 17. Juni 1995 aufgehoben. Die rechtliche Situation des Altlastenbeitrages ist daher zur Zeit unklar.

1.4.4 Verordnung über die Ablagerung von Abfällen, (Deponieverordnung - DeponieVO), BGBl. 164/1996

In der folgenden Auflistung sind Baurestmassen gemäß §4 Abs. 2 und 4 DeponieVO, die für die Ablagerung auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien geeignet sind, sofern sie bei Abbruch- oder Sanierungsarbeiten anfallen.

- Beton
- Kalksteine und Schamotte aus privaten Haushalten
- Natursteine
- Faserzement
- Ziegel
- Fliesen
- Mörtel u. Verputze
- Glas
- Sand
- Silikatbeton
- Kies

- Porzellan
- Asbestzement
- gebrochene natürliche Materialien
- Kalksandstein
- Gasbeton
- Klinker
- Bitumen
- Asphalt

In den oben genannten Abfällen dürfen Bauwerksbestandteile aus Metall sowie Kunststoff, Holz oder anderen organischen Materialien wie Papier, Kork usw. in einem Ausmaß von insgesamt höchstens 10 Vol% enthalten sein. Eine etwaige Überschreitung ist durch visuelle Kontrolle zu überprüfen.

1.4.5 Richtlinie für Recyclingbaustoffe (Juli 1993)

Hier werden Qualitätskriterien für Recyclingbaustoffe angegeben. Die Güte- und Prüfbestimmungen ermöglichen eine einheitliche Vorgangsweise bei der Prüfung und schaffen einheitliche Bezeichnungen. Recyclingbaustoffe, deren Eignung nach der Richtlinie nachgewiesen wird, können mit einem Gütezeichen gekennzeichnet werden.

Weiters werden die Richtlinien nach Herkunft und Anwendungsbereich erweitert:

1.4.5.1 *Richtlinie für Recyclingbaustoffe aus Hochbaurestmassen Stand Mai 1995*

Diese Richtlinie enthält die Güteanforderungen und Prüfbestimmungen für aus dem Hochbau gewonnene Recyclingbaustoffe, die für die Herstellung von zementgebundenen Baustoffen und Bauteilen (z.B. Beton, Hohlblocksteine, Estriche u.ä.) verwendet werden.

1.4.5.2

Richtlinie für Recyclingbaustoffe aus Hochbaurestmassen Stand Juli 1996

Diese Richtlinie enthält die Güteanforderungen und Prüfbestimmungen für aus dem Hochbau gewonnene Recyclingbaustoffe, die für folgende Bereiche verwendet werden:

- Verdichtete Schüttungen: z.B. Lärmschutzwälle, Künetten, Wegebau
- Unverdichtete Schüttungen: z.B. Hinterfüllungen, Auffüllungen
- Hydraulisch gebundene Anwendungen

2

Baustoffe, Baumaterialien und Bauweisen und ihre Entsorgungswege

2.1 Definitionen und Abgrenzungen

Baustoffe sind natürliche oder naturähnliche Stoffe, die im Bauwesen alleine oder als Ausgangsstoffe für Baumaterialien eingesetzt werden. Beispiele sind Sand, Holz und Zement.

Baumaterialien sind vorwiegend künstliche, technologisch hergestellte Materialien aus denen Bauelemente hergestellt werden. Beispiele sind Ziegel, Beton und Dämmstoffe.

Bauelemente sind Konstruktionsteile im Gebäude, aus Baumaterialien hergestellt. Beispiele sind Fenster, Türen, vorgefertigte Betontafeln, Decken und Fundamente.

Die *Bauweisen* sind Konstruktionsleitlinien eines Gebäudes, die die Art der Kombination der Bauelemente bestimmen. Beispiele sind die Skelettbauweise, die Mantelbetonbauweise, die Großtafelbauweise und die Ziegelbauweise.

2.2 Deponieverhalten

Die Definition der Baustoffe ist aus folgender Literatur entnommen: KNOBLAUCH 1987, LECHNER 1991 und UMWELTBERATUNG 1995.

2.2.1 Beton

Beton ist ein künstlicher Stein, der aus einem Gemisch von Zement, Betonzuschlag und Wasser durch Erhärten des Zement - Wasser - Gemisches (Zementleim) entsteht.

Beton hat je nach Art und Menge der Zuschläge ein vielfältiges Erscheinungsbild mit unterschiedlichsten bauphysikalischen Eigenschaften.

Um bestimmte Eigenschaften zu erzielen, werden dem Beton häufig verschiedene Zusatzmittel (z.B. Porenbildner, Verflüssiger, Frostschutzmittel, Abbindeverzögerer und -beschleuniger, Dichtungsmittel, Fließmittel, Einpreßhilfen, Stabilisierer) beigemischt. Dabei handelt es sich um organische Produkte aus Erdöl, Kohle oder/und Erdgas wie Kunststoffe, synthetische Farben und Lacke, synthetische Kleber.

Die Bezeichnung Frischbeton wird verwendet, solange er verarbeitet werden kann. Ortbeton ist der Beton, der als Frischbeton in Bauteile, die sich in ihrer entgültigen Lage befinden, eingebracht wird und dort auch erhärtet.

Nach der Dichte unterscheidet man folgende Betonarten:

2.2.1.1 *Normalbeton*

Die Trockenrohdichte liegt in Bereichen zwischen 2000 kg/m³ und 2800 kg/m³.

Durch die Art der Zuschlagstoffe und das Gefüge des Betonsteines wird die Rohdichte bestimmt. Als Zuschläge werden Sand, Kies, Splitt und Hochofenschlacke verwendet.

Beton wird vor allem für tragende Bauteile, Schallschutz, aber auch zur Sicherstellung ausreichender Wärmespeichermassen verwendet.

Stahlbetonteile können Biegebeanspruchungen aufnehmen und werden im Hochbau vor allem als balken- oder plattenförmige Elemente eingesetzt.

Typische Anwendungen sind:

- Tragende Wandbauteile: Ortbetonwände, Kernbeton in Mantelbetonwänden, Trennwände mit hoher Schalldämmung
- Decken: Ortbetonplatten, aufgelöste Ortbetontragwerke, Fertigteildecken, Fundamentplatten, Estriche

2.2.1.2

Leichtbeton

Leichtbeton hat eine Trockenrohdichte bis zu 2000 kg/m³.

Als Zuschläge werden meist Holzspäne, Holzwolle, Blähton, Blähschiefer, Hüttensand, Ziegelsplitt, Sand, expandiertes Polystyrol, Perlite und Bims zugesetzt.

Das niedrige Raumgewicht wird durch leichte (poröse) Zuschlagstoffe und/oder durch Luftporen im Betonstein erreicht.

Leichtbeton wird vor allem für Wandbausteine mit tragender und dämmender Funktion sowie für Füllsteine in Fertigteildecken und zur Herstellung von Fertigteilkaminen verwendet.

2.2.1.3 Porenbeton

Gasbeton wird in Betonwerken aus Zement, Kalk und Zuschlägen aus reinem Quarzsand oder Natursand (über 80% SiO₂) und z.T. mit geringen Anteilen von Steinkohlen- und Braunkohlenfilterasche hergestellt.

Als gasbildendes Treibmittel wird meist Aluminiumpulver oder auch Wasserstoffperoxid oder Calciumcarbid eingesetzt. Das entweichende Gas treibt den Mörtel auf und läßt zahlreiche Kugelporen entstehen. Der verfestigte Beton wird maschinell zu Blöcken, Platten oder großen Elementen geschnitten und anschließend im Autoklaven bei etwa 180 °C gehärtet.

Die Rohdichte liegt in Bereichen zwischen 310 kg/m³ und 800 kg/m³. Durch die geringe Rohdichte hat Gasbetonmauerwerk eine hohe Wärmedämmfähigkeit.

Schaumbeton, auch als Porenleichtbeton bezeichnet, wird aus Zementleim mit einem gesondert vorgefertigten Eiweißschaum als Luftporenbildner hergestellt. Er erreicht im Gegensatz zu Gasbeton bereits im Mischer sein endgültiges Volumen und erhärtet wie Normalbeton an der Luft.

Die Trockenrohdichte kann bis in Bereiche von 400 kg/m³ gesenkt werden.

Anwendungsgebiete von Schaumbeton sind wärmedämmende und frostbeständige Ausgleichsschichten auf Decken und Flachdächern und die Herstellung temporärer oder permanenter Verfüllungen von Leitungsgräben.

2.2.1.4 Zementgebundene Sonderbaustoffe

Bei Faserbeton wird durch Beigabe von Stahl-, Glas-, Kunststoff-, Kohlenstoff- oder Zellulosefasern (früher auch Asbestfasern) eine höhere Biegezug- und Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Schlagzähigkeit sowie eine geringere Reißneigung der hergestellten Bauteile erreicht.

Anwendungsgebiete von Faserbeton sind Erzeugnisse in Form von Dachplatten, Wellplatten, Rohren, Fassadenelementen und faserverstärktem Putz.

Faserzement-Dachplatten und Faserzement-Wellplatten bestehen aus einer homogenen Mischung aus anorganischen und organischen Fasern und einer faserfreien Deckschicht, welche aus Zement-Zuschlagstoffen und Pigmenten erzeugt wird.

Kunststoffzusätze werden zu zementgebundenem Beton, Mörtel und Estrich zugegeben, um bestimmte Eigenschaften, wie bessere Verarbeitbarkeit durch Plastifizierung, Erhöhung der Haftung im frischen Zustand, Erhöhung der Biegezugfestigkeit, Haftfestigkeit und Schlagfestigkeit sowie Erhöhung des Abnutzungswiderstandes zu erzielen. Zur Anwendung kommen hauptsächlich Plastomer-Dispersionen, wasserlösliche Celluloseäther und Melaminharzlösungen.

Bei Reaktionsharzbeton und -mörtel wird der Zementleim ganz durch Kunststoff ersetzt, und zwar durch meist flüssige Reaktionsharzmassen, die für sich oder nach der Zugabe von Reaktionsmitteln durch Polyaddition oder Polymerisation ohne Abspaltung flüchtiger Stoffe kalt aushärten.

Im wesentlichen handelt es sich dabei um ungesättigte Polyester- (UP), Epoxid- (EP), Polyurethan- (PUR) und Acryl- (PMMA) Harze. Reaktionsharzbetone werden vorwiegend für die Herstellung von Fertigteilen in Werken verwendet, Reaktionsharzmörtel dagegen auch auf der Baustelle als Reparatur-, Estrich- und Beschichtungsmörtel sowie zum Kleben, Imprägnieren und Injizieren.

Es werden verschiedene Mauer- und Putzmörtel verwendet: Kalk-, Kalkzement-, Kalkgips-, Gips-, Zementmörtel sowie Wärmedämm- (mit expandierten Polystyrol, Per- und Vermiculiten) und Kunstharzputze.

Kunstharzputze sind Putze mit organischen Bindemitteln wie Kunststoffdispersion mit oder ohne Weichmacheranteil, z.B. Polymere aus Acryl- und Methacrylsäureestern, Vinylacetat, Vinylpropionat, Styrol, Butadien und Styrol-Acrylat oder als Lösung mit oder ohne Weichmacheranteil, z.B. Polymeren und Vinylaromaten.

Seit 1960 werden Kunstharzputze als Deckschicht außenliegender Wärmedämmsysteme, als Beschichtung von Fertigteilen (Großtafelbau) oder von Holzspanplatten (Fertighausbau) verstärkt verwendet.

Deponieverhalten:

Durch die Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und dem Deponiegas wird das im Zementstein enthaltene Kalkhydrat allmählich in schwer löslichen Kalkstein umgewandelt (Karbonatisierung). Diese positive Reaktion für die Deponie beruht auf der Säureneutralisierungskapazität von alkalischen Beton- und Mörtelprodukten. Organische Materialien im Bauschutt können den pH-Wert im Sickerwasser durch biochemischen Abbau dieser Stoffe absenken. Bei zu niedrigen pH-Werten (die DeponieVO empfiehlt mindestens einen pH-Wert 6 für Baurestmassen- und Massenabfalldeponien) erhöht sich die Gefahr zur vermehrten Mobilisierung von Schwermetallen, die jedoch nicht gegeben ist, wenn der Anteil abbaubarer Stoffe in abzulagerndem Bauschutt entsprechend begrenzt wird.

Auch bei der Ablagerung von nicht mit organischen Materialien verunreinigtem Bauschutt kann eine Beeinflussung des Grundwassers, insbesondere eine Veränderung der Härte aufgrund der dominierenden Substanz von Beton (alkalisches Calciumhydroxid), nicht ausgeschlossen werden.

Über das Verhalten von Beton mit besonderen Eigenschaften im Falle der Verwertung und/oder Ablagerung ist wenig bekannt. Es existieren Hinweise dafür, daß hohe Gehalte an Spritzhilfen bei Spritzbeton zu einer starken Auslaugung organischer Spritzhilfsmittel führen. [LECHNER/DREIER 1995]

Mit Asbestfasern verunreinigte Abfälle müssen gemäß DeponieVO BGBl. 164/1996 in gesonderten Bereichen einer Massenabfalldéponie abgelagert werden. Schutzmaßnahmen gegen Faserfreisetzung von Asbestfasern in die Atmosphäre sind bei Abbruch, Transport und Ablagerung notwendig.

Es wird empfohlen nicht verwertbaren Betonabbruch und Gemenge, die Betonabbruch enthalten, entweder so aufzubereiten, daß die Zuschlagsstoffqualität erreicht wird oder diese Gemenge in Baurestmassendeponien oder in Massenabfalldéponien abzulagern. [LECHNER/DREIER 1995]

Die DeponieVO legt die Grenzwerte bezüglich der Auslaugbarkeit und den organischen Anteilen der diesbezüglichen Deponietypen fest.

2.2.2 Keramische Baustoffe

Dazu zählen Mauerziegel, Dachziegel, Wandplatten, Fliesen, Kacheln, Porzellan und feuerfeste Erzeugnisse (Schamotte und hochfeuerfeste Steine), deren Ausgangsstoffe natürliche Tone sind. Die meisten natürlichen Tonvorkommen enthalten Beimengungen wie Lehm und Mergel.

Mauerziegel werden bei ca.1000°C, Klinker bei ca.1350°C gebrannt. Klinker werden verwendet, wenn Frostbeständigkeit, hohe Festigkeit oder Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe gefordert ist.

Blähton wird als Zuschlag für die Herstellung von Leichtbeton verwendet und ist ein Sinterprodukt, das beim Brennen des Tons infolge Gasbildung auftritt.

Deponieverhalten:

Heiß gebrannter Klinker und sehr alte Ziegel enthalten praktisch kein freies Calciumhydroxid, daß heißt sie wirken nicht alkalisch.

Da beim Brennprozeß alle organischen Stoffe vollständig zerstört werden, findet man in Eluatén von keramischen Baustoffen keine oxidierbaren organischen Stoffe.

Im Ziegel bzw. Klinker sind die meisten enthaltenen Schwermetalle schwerlöslich.

Die Mobilität von Chrom in Ziegeln bei Kontakt mit Wasser kann jedoch sehr unterschiedlich sein. Chrom kann in alkalischer Lösung als komplexe dreiwertige Verbindung oder Chromat - also sechswertig - vorliegen. Sechswertiges Chrom ist - oral oder pulmonal aufgenommen - toxisch. [LECHNER 1991]

Der Grenzwert, den die DeponieVO für sechswertiges Chrom im Eluat einer Baurestmassendeponie vorschreibt, ist um das 20-fache niedriger als der Grenzwert im Eluat einer Massenabfalldeponie.

Klinker, Fliesen, Kaminsteine und Schamotte aus privaten Haushalten, Porzellan und Ziegel dürfen laut DeponieVO auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien abgelagert werden.

2.2.3 Natursteine

Nach ihrer Entstehung teilt man Natursteine in 3 Arten ein:

- Magmatische Gesteine (Erstarrungs-, Eruptivgesteine, Magmatite),
- Sedimentgesteine (Schicht-, Absatzgesteine),
- Metamorphe Gesteine (Umwandlungsgesteine).

In der historischen Entwicklung wurden natürliche Gesteine im tragenden Mauerwerk zuerst durch Ziegel, dann auch durch Beton ersetzt.

Beispiele für die heutige Anwendung von Natursteinen sind: Platten, Verblendmauerwerk (Marmor, Onyx), tragendes Mauerwerk (Schiefer, Kalksandstein) und Pflaster (Granit).

Deponieverhalten:

Die Tendenz zu rein physikalischen Zerfallsvorgängen und auch zu chemischen Reaktionen, wird durch die bei vielen Baustoffen vorhandene Porosität, die ein leichtes Eindringen von Flüssigkeiten und Gasen erlaubt, noch erhöht.

Bei historischen Bauwerken, die mit Natursteinen erbaut wurden, ist der zerstörende Angriff durch Bestandteile der Atmosphäre bekannt.

Wirklich beständig - also über Jahrhunderte und Jahrtausende unverändert - sind nur schwer verwitterbare, kompakte Natursteine (z.B. Quarz). Doch selbst Silikate, wie Olivin und Kalkfeldspat, sind gegen Hydrolyse nicht stabil und werden daher als leicht verwitterbar bezeichnet. [LECHNER 1991]

Natursteine sind laut DeponieVO zur Ablagerung auf einer Baurestmassen- und Massenabfalldéponie geeignet.

2.2.4 Baugläser

Glas ist im wesentlichen amorphes Ca-Na-Silikat, das gegenüber Umwelteinflüssen sehr stabil ist. Allerdings treten im Laufe von Jahrhunderten Rekristallisationen auf, die zu einer Versprödung führen.

Geringe Mengen von Metallionen färben u. a. das Glas, wie Schwefel-Eisen, Eisen-II, Eisen-III, Kupfer, Kobalt, Chrom und Cadmium in Verbindung mit Kupfer und Gold.

Im Bauwesen wird Glas wie folgt verwendet:

- als Flachglas für Fenster, Spiegel, Gußglas
- als Preßglas für Glasbausteine, Betonglas, Dachsteine
- als Faserglas und Schaumglas.

Wärmeschutzgläser werden mit einer aufgedampften Metallbeschichtung (Silber, Nickel, Chrom, Aluminium, Zinn, Zink, Eisen, Kupfer, Kobalt, Gold, Mangan) und Spezialgasen versehen.

Reflexionsgläser werden mit Metalloxiden beschichtet. Eine selektive Strahlungsdurchlässigkeit erreicht man durch Aufdampfen von Edelmetall, besonders durch Gold.

Die Zwischenräume von Mehrscheiben-Isolierglas sind mit den Edelgasen Argon oder Krypton gefüllt. Bei der Herstellung von Schallschutzglas wird Schwefelhexafluorid unter normales Flachglas gemischt.

Dichtstoffe von Fenstern bestehen meist aus Silikon, Polyurethan (PUR), Acrylat und Leinölkitt.

Deponieverhalten:

Gläser können oberflächlich durch diverse Stoffeinträge, vor allem alkalische, angegriffen werden. Über damit verbundene Freisetzung eventuell vorhandener Schwermetalle gibt es keine Angaben. Die Bodenbelastung kann vermutlich wegen geringer Schwermetallkonzentration (z.B. 0,3g Ag/m³ Fensterglasfläche) und dem langsamen Korrosionsprozeß vernachlässigt werden. [GREIF 1990 in LECHNER/DREIER 1995]

Durch den Dichtstoff PUR kann es zu Emissionen von Diisocyanat, Benzol und Phosgen kommen, die ein hohes Umweltgefährdungspotential besitzen.

Laut DeponieVO wird Glas als geeignet betrachtet, auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien abgelagert zu werden.

2.2.5 Metalle

Eisen und Stähle werden im Bauwesen vorwiegend im Stahlbau und als Bewehrungsstahl verwendet. Nichtrostende Stähle enthalten edlere Metalle, vorwiegend Chrom und Nickel, als Legierungsbestandteile. Als "wetterfeste Baustähle" werden leichtlegierte Stähle bezeichnet. Korrosionsschutz ist, mit Ausnahme von wetterfesten und nichtrostenden Stählen, erforderlich.

Kupfer und Kupferlegierungen werden für elektrische Leitungen, Blitzableiter, Dachrinnen, als Kupferrohre für Wasserleitungen und Heizungsinstallationen, in geringerem Umfang als Dachabdeckung, Fassade und im Erdboden (kann mit Bitumen verklebt sein) verwendet. Korrosionsschutz ist hier nicht notwendig.

Messing, eine Kupfer-Zink-Legierung, wird im Bauwesen für Armaturen, Fassadenverkleidungen, Zierbleche und Beschläge eingesetzt.

Zink und Zinkverbindungen finden Anwendung für Rinnen, Dachabdeckungen, Bleche, Bänder und Verkleidungen.

Zinkblech wird im Bauwesen in Form von Titanzink verwendet. Es ist empfindlich gegenüber Säuren und Basen, deshalb ist ein Einsatz von Schutzanstrichen erforderlich.

Auch Zinkverbindungen werden im Bauwesen als Pigmente und Farbstoffe verwendet. Beispiele dafür sind Zinkweiß (ZnO) und Zinkgelb (Zinkchromat-Zinkhydroxid). Vulkanfieber, eine durch Pressen verfestigte Mischung aus Papiermasse und Zinkchlorid-Lösung, eignet sich zur Herstellung von Dichtungen. Zinkfluorosilikat wird zum Fluatieren von Beton verwendet.

Blei wird im Bauwesen wegen der Toxizität seiner Verbindungen derzeit nur in sehr geringem Umfang verwendet, z.B. für Flachdächer, Rinnenauskleidungen, Dampfsperren, Säure-, Strahlen- und Schallschutz. Abbruchobjekte können jedoch größere Mengen Blei in Form von Wasser- und Abwasserrohren enthalten. Metallisches Blei wurde auch als Schmelzkitt zur Befestigung von Eisendübeln in Natursteinen bzw. Mauerwerk verwendet.

Chrom ist ein wichtiger Legierungsbestandteil für Stahl. Die Verwendung von Chromverbindungen als Pigmente (Chromgelb, Chromrot und Permanentgrün) ist unbedeutend.

Aluminium kommt in Form von Alumosilikaten in natürlichen Mineralien und im Zementstein in höherer Konzentration vor. Die betreffenden Verbindungen sind in Wasser praktisch unlöslich, nicht mobil und toxisch.

Legiertes metallisches Aluminium wird vor allem für Fensterrahmen, Türen und Garagentore verwendet. Der am häufigsten verwendete Legierungstyp ist Al-Mg-Si. Deponieverhalten:

In der Praxis wird eine Reaktion von Metallen auf Deponien nur eintreten, wenn zur Beschleunigung ein geeigneter Katalysator vorhanden ist und wenn Korrosionsmaßnahmen (z.B. Anstriche, Verzinkungen) unwirksam werden.

Für den Chemismus der Deponie spielen im Falle der Ablagerung von Baurestmassen praktisch nur die Korrosionsvorgänge von Eisen, nichtlegierten Stählen, Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen, Blei, Zink und Messing eine Rolle. [LECHNER 1991]

Von großer Bedeutung sind Chlorid- und Sulfationen, die die Korrosion von Eisen und Stahl beschleunigen. Bei Anwesenheit organischer Komplexbildner (z.B. Huminstoffe) oder organischen Säuren wird mehr Eisen im Sickerwasser gelöst,

ebenso bei niedrigen pH-Werten. Die Korrosion von Bewehrungsstahl in Beton setzt bei $\text{pH} = 9,5$ ein und nimmt in ihrer Geschwindigkeit bis zum $\text{pH} = 7,5$ zu. Die Korrosionsgeschwindigkeit ist im pH-Intervall 7,5 bis 5,5 annähernd pH-unabhängig. Unter $\text{pH}=5,5$ werden Eisen und viele Stähle rasch angegriffen. [LECHNER 1991]

Auch Zink bildet an CO_2 -haltiger Luft eine passivierende Schutzschicht aus Zinkoxid und Zinkhydroxidkarbonat. Zink ist elektronegativer als Blei, so daß von Natur aus eine stärkere Tendenz zur Oxidation und Mobilisierung besteht. Bei Berührung mit Kupfer entsteht elektrolytische Korrosion. Chlorid, Sulfat, Nitrat und Ammonium beschleunigen die Korrosion von Zink und zinkhaltigen Legierungen (Messing). Wenn organische Säuren verstärkt auf Zink einwirken, besteht die Gefahr der Belastung des Deponiesickerwassers mit Zink. [LECHNER 1991]

Metallisches Blei wird vor allem bei Bauschutt aus älteren Gebäuden, bei denen die Abflußrohre noch aus diesem Metall bestehen, als Beimengung enthalten sein. Selbstverständlich wird man danach trachten, die Bleirohre bei der Abbruch- oder Umbautätigkeit zu entfernen und einer Wiederverwertung zuzuführen.

Metallisches Blei überzieht sich bei Anwesenheit von Kohlendioxid mit einer Schutzschicht aus Bleicarbonat. Allerdings greifen dennoch z.B. Kalk- und Zementmörtel durch ihre Alkalität metallisches Blei an. Weiteres wird Blei auch durch niedere Carbonsäuren, nicht jedoch durch deren Salze, angegriffen.

Dennoch ist in der Baurestmassendeponie nicht mit einem Transport von Bleiverbindungen zu rechnen, da Pb_2^+ -Ionen in Gegenwart von Karbonat bzw. Sulfat als schwerlösliche Verbindungen ausgefällt werden. [LECHNER 1991]

Weiches Wasser unter 8°dH kann aus Blei gesundheitsschädliches $\text{Pb}(\text{OH})_2$ lösen. Bei hartem Wasser bildet sich jedoch eine Schutzschicht aus Blei-Calzium-Carbonat. [KNOBLAUCH 1987]

Metallisches Aluminium ist theoretisch gegenüber Sauerstoff instabil, aber eine dünne Oxidschicht schützt das Metall. Wird diese Schutzschicht zerstört, so reagiert das Aluminium mit Luftsauerstoff oder Wasser unter Bildung von Aluminiumoxid oder -hydroxid. Gegen Alkalien ist Aluminium unbeständig und wird deshalb durch Beton (pH ca. 12,5) angegriffen. Die Gasbildung und Korrosion von metallischem Aluminium ist jedoch bei Raumtemperatur und geringeren Temperaturen bei großen Metallteilen vernachlässigbar gering. [LECHNER 1991]

Bei Kontakt mit unedleren Metallen (Fe, Al, Zn) kann Kupfer elektrolytisch angegriffen werden, was zu Belastungen des Sickerwassers führen kann. [KNOBLAUCH 1987]

2.2.6 Holz

Nadelhölzer werden als tragende Hölzer verwendet, die meistens chemisch behandelt sind. Es werden Holzschutzmittel, die eine Vielzahl von organischen und anorganischen Verbindungen eingesetzt als Insektizide, Fungizide mit unterschiedlichster Toxizität verwendet, ebenso Oberflächenbehandlungsmittel (Lacke, Anstriche) sowie Oberflächenversiegelungen (säuregehärtete Lacke, Klebe- und Bindemittel).

Je nach Behandlungsart sind langanhaltende Schadstoffemissionen von organischen Lösungsmitteln und Bioziden möglich.

Laubholz wird für Tore, Beläge, Zäune, Fenster, Türen, Treppen, Außenverkleidungen, Schindeln und für den Innenausbau verwendet. [LBB 1993]

Als Feuerschutzmittel für Holz werden wasserlösliche Salzgemische und Beschichtungsstoffe, die unter Temperatureinwirkung Schaumschichten bilden, verwendet. Der Feuerschutz wird durch Füllstoffe (z.B. Glasfasern) erhöht, welche dem Schaum eine höhere Festigkeit geben.

Deponieverhalten:

Holz ist volumens- und gewichtsmäßig im Abbruchschutt und Baustellenabfällen neben dem mineralischen Anteil die bedeutendste Fraktion.

Bedingt durch den hohen Gehalt an organischer Substanz (Gesamtkohlenstoffgehalt ca. 50%) und dem möglichen Schadstoffanteil ist ein Ablagern auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien unzulässig.

Laut DeponieVO dürfen auf diesen Deponien Bauwerksbestandteile aus Metall, Kunststoff, Holz oder anderen organischen Materialien nur in einem Ausmaß von insgesamt höchstens 10 Vol% enthalten sein. Dies soll bei der Anlieferung der Baurestmassen visuell kontrolliert werden und unterliegt damit einem größeren Ermessensspielraum der Eingangskontrolle.

Bei der Ablagerung werden großformatige Holzstücke nur sehr langsam abgebaut. Der erforderliche Wassergehaltsbereich für einen Abbau liegt zwischen 20 und 40%. Anaerobes Milieu und niedere Temperaturen wirken konservierend. [LECHNER/DREIER 1995]

Neben hochmolekularen wasserunlöslichen Stoffen wie Zellulose und Hemizellulose enthält Holz auch lösliche Bestandteile wie Holzzucker, Carbonsäuren und kurzkettige Polysaccharide. Beschränkt wasserlöslich sind Terpene, Lignine und die aus dem Ligninstoffwechsel stammenden aromatischen Kohlenwasserstoffe.

Dazu kommen Holzschutzmittel, Brandschutzmittel, Bindemittel, Farben, Beschichtungen und Vergütungen, die zumindest teilweise ausgewaschen werden können. Phenole aus Anstrichen und Beschichtungsmaterial wurde beispielsweise im Eluat von Bauschuttfractionen nachgewiesen. [DOHMANN,1986 in LECHNER/DREIER 1995]

Auch unbehandeltes Holz enthält Schwermetalle, die über die Luft bzw. über den Boden und das Grundwasser aufgenommen werden. Die Schwermetallgehalte von frischem Holz liegen in der Regel unter den für Biokomposte vorgeschriebenen Grenzwerten. Die Verwendung von Abbruchholz als Strukturmaterial bei der Kompostierung von Biomüll ist, wegen einer möglichen Kontamination durch Schadstoffe, problematisch. Über das Verhalten von Holzschutzmittel während der

Kompostierung liegen wenige Untersuchungen vor. Da es genügend unbelastete Grünabfälle als Strukturmaterial gibt, besteht keine Notwendigkeit Altholz zu verwenden. [LECHNER/DREIER 1995]

Über die Art und Konzentration der in nicht kontaminiertem Bauschutt vorkommenden organischen Verbindungen ist derzeit wenig bekannt. Die bei Lysimeterversuchen festgestellte CSB-Belastungen der Perkolate, dürften vorwiegend auf Holzbestandteile (Lignin) zurückzuführen sein. [KREIDLER, 1993 in LECHNER/DREIER 1995] Vereinzelt kann jedoch eine höhere organische Belastung (z.B. durch Holzschutzmittel) nicht ausgeschlossen werden.

Etwa 15 organische Biozide werden als Holzschutz eingesetzt. Die im Wohnbereich seit vielen Jahren eingesetzten öligen Holzschutzmittel enthielten bis 1977 überwiegend Kombinationen mit dem Insektizid Lindan und dem toxischen Fungizid Pentachlorphenol (PCP). Der größte Teil an PCP dürfte schon in den Wohnräumen aus dem Holz ausgedünstet sein.

Die besonders kritischen Verbindungen der Schwermetalle Blei, Chrom, Cadmium und Zink werden seit einiger Zeit als Pigmente in Bauanstrichstoffen (zumindest in der BRD) nicht mehr eingesetzt. In älteren Lacken können größere Mengen an Schwermetallen enthalten sein. Starke Verbreitung hatten in der BRD, wahrscheinlich auch in Österreich, Bleichromat und Bleimolybdat für Gelb- und Rottöne. [LECHNER/ DREIER 1995]

Deponieverhalten von Holzwerkstoffen:

Bei Brettschichtholz besteht die Gefahr geringer Formaldehydabgabe bei Verwendung von Harnstoff-Formaldehyd- oder Resorcin-Formaldehyd-kunstharzleimen (für Bauteile mit Nässeeinwirkung). Bei Verwendung von Kaseinleimen (für Bauteile ohne Nässeeinwirkung) besteht keine Gefahr der Schadstoffabgabe.

In Abhängigkeit von den verwendeten Kunstharzleimen (Phenol- oder Melamin-formaldehydharz) kann Sperrholz geringe Schadstoffmengen abgeben. Bei Melamin-formaldehydharz kommt es zur höheren Abgabe von Formaldehyd als bei Phenol-formaldehydharz (Melamin = organischer Polymer). Bei Phenolformaldehydharzen kann bei Phenolüberschuß auch Phenol frei werden.

Bei Preßspanplatten werden Magnesia- und Zementbinder, bei Sperrholz Kunstharzleime verwendet. Bei der Preßspanplattenherstellung wird 0,3 bis 1% Paraffin zugesetzt, um die Wasseraufnahme und Quellung zu verzögern. Hartfaserplatten werden für Türen und abgehängte Decken (kunstharzgebunden) und für wärme- und schalldämmende Maßnahmen (bitumengebunden) verwendet. Span- und Faserplatten sind wegen ihrer Porosität rascher abbaubar.

Untersuchungen der TU-Wien fanden beim mikrobiellen Abbau von Preßspanplatteneluat geringe Konzentrationen an niederen Carbonsäuren. Die Analyse einer Mischprobe aus 20 verschiedenen pigmentierten Preßspanplatten des Typs V 20 (österreichische Erzeugnisse) ergab, bedingt durch die Zugabe von Ammoniumsulfat zum Leim, niedere pH-Werte. Trotz dieser niederen pH-Werte waren keine erhöhten Schwermetallkonzentrationen im Eluat feststellbar. Bei der Eluation älterer Erzeugnisse ist auch mit der Freisetzung von Chlorid zu rechnen. Das früher als Härter im Leim verwendete Ammoniumchlorid wurde mittlerweile wegen der Gefahr der Dioxinbildung bei der Verbrennung durch Ammoniumsulfat ersetzt. Die Ammoniumsalze wirken als Stickstoffquelle und damit abbaubeschleunigend. Bei Gasbildung in der Deponie ist mit Ammoniakemissionen zu rechnen. [LECHNER 1991]

2.2.7

Dämmstoffe

Es kann davon ausgegangen werden, daß pro Jahr in Österreich 28.000 Mg Dämmstoffabfälle anfallen. [BOISITS1991]

2.2.7.1 *Dämmstoffe aus geschäumten Kunststoffen*

Als *Schaumkunststoffe* sind PUR-Ortschaum (giftige, leichtflüchtige Weichmacher, Pigmente, Restmonomere, Stabilisatoren) und Aminoplast-Montageschaum, Harnstoff-Formaldehydharz (UF) in Verwendung.

Für Schaumkunststoffplatten sind expandiertes Polystyrol (EPS) und extrudiertes Polystyrol (XPS), PUR-Hartschaum und PVC-Hartschaum als Beispiele zu nennen.

Deponieverhalten:

Da es nicht klar erkennbar ist, in welchem geschäumten Kunststoff möglicherweise halogenhaltige Additive verwendet werden, müßte die Ablagerung von PUR- Abfällen auf Deponien vorsorglich vermieden werden. Halogenhaltige, nicht flüchtige Flammenschutzmittel fanden bei Polystyrol Anwendung, über deren Bodenwirkung liegen aber keine genaueren Informationen vor. [BOISITS 1991]

Hart-PVC-Schaum beinhaltet als Stabilisator etwa 0,2% Cadmium. Wenn PVC im Boden abgebaut wird, werden diese Stabilisatoren und eventuelle andere Stoffe (z.B. Weichmacher) frei. PVC ist daher im Boden als kritisch einzustufen. Es ist persistent und enthält in großen Konzentrationen problematische Stoffe.

Harnstoff-Formaldehydharze können durch hydrolytische Spaltung Formaldehyd freisetzen. Eine Beeinträchtigung des Bodenlebens durch die ausgesprochen bioziden Eigenschaften kann nicht ausgeschlossen werden. [GREIFF 1990 in BOISITS 1991]

2.2.7.2

Halogenkohlenwasserstoffe in Dämmstoffen

Flüchtige, halogenhaltige Kohlenwasserstoffe (FCKW, LCKW und Halone) werden als Treibgase zur Herstellung von Kunststoffschäumen eingesetzt. Sie spielen eine bedeutsame Rolle bei der Zerstörung der Ozonschicht sowie beim Treibhauseffekt, v.a. weil einige der Stoffe sehr lange Lebensdauern in der Umwelt aufweisen.

Das Lager dieser Stoffe im Bauwesen in Form von (PUR- und XPS-) Wärmedämmschäumen, stellt derzeit mit Abstand die größte akkumulierte FCKW-Menge dar.

Bei den Hartschäumen verbleibt ein Großteil der FCKWs in den Schäumen und wird erst über langsame Diffusionsprozesse abgegeben. Auch wenn eine Diffusion der flüchtigen, halogenhaltigen Kohlenwasserstoffe aus den Dämmstoffen während der Funktionsperiode angenommen werden muß, ist deren Ausmaß derzeit nicht bekannt. Die Halbwertszeit innerhalb des Lagers (eingebaute Dämmstoffe) wird mit 50 bis 200 Jahren angegeben².

Die Substitution der FCKWs für die Herstellung von Dämmstoffen wird international angestrebt und ist in Österreich bereits umgesetzt. Das im Bauwesen vorhandene, langlebige Stofflager bedarf jedoch längerfristig einer sorgfältigen Handhabung.

2.2.7.3 Gebundene Faserdämmstoffe

Mineralische Glaswolle besteht aus 65% Quarzsand und der Rest aus Soda, Dolomit, Kalkstein, Borax, Feldspat und Natriumsulfat.

Mineralische Steinwolle wird aus Basalt oder Diabas, ergänzt mit Dolomit und Kalkstein und Bindemitteln aus Phenol- und Harnstoff-Formaldehydharz hergestellt.

² Obernosterer, R./ Brunner P.H.: Baurestmassen als zukünftige Hauptquelle für FCKW in der Abfallwirtschaft, in Müll und Abfall, 2/1997, S. 89-95

Deponieverhalten:

Lungengängiger Faserstaub mit möglicher kanzerogener Wirkung kann bei der Ablagerung auf Deponien freigesetzt werden. Die Glaswolle, deren Bindemittel Formaldehyd freisetzen kann, ist schlechter für die Deponierung geeignet als Steinwolle. [LBB 1993]

Einige Dämmstoffe sind in bitumierten Ausführungen erhältlich. Durch Wasser werden aus Bitumen in geringem Umfang polyzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe extrahiert. [GREIF 1990 in BOISITS 1991]

2.2.7.4 *Holzwolle- Leichtbauplatten (HWLP)*

HWLP (auch Heraklith genannt) werden hergestellt, indem langfasrige Fichtenholzspäne nach einer Vorbehandlung mit Calciumchloridlösung mit Magnesit oder Zement bei hoher Temperatur gepreßt werden.

Sie werden als Bauplatten, Porenverschlußplatten und Fassadendämmelementen (in Kombination mit Steinwolle) verarbeitet. Aufgrund der geringen Dämmwirkung ist die häufigste Anwendung als Putzträger über anderen Dämmstoffen.

Deponieverhalten:

Abbindende mineralische Baumaterialien wie Zement oder Magnesiabinder bei Holzwolleleichtbauplatten können durch verschiedene chemische Vorgänge den Boden-pH-Wert deutlich nach oben oder unten verändern. Eine Versauerung kann die Schwermetallmobilisation steigern. Aus Sicht der Vorsorge sollten solche Stoffe als unerwünscht gelten, ihre Ablagerung sollte daher vermieden werden. [GREIFF 1990 in BOISITS 1991]

2.2.7.5

Holzfaserdämmplatten

Wärme- und schalldämmende Platten werden aus Holzfasern mittels Bitumenemulsionen, Wachs, sowie eines Bitumenersatzes auf Naturharzbasis oder durch das holzeigene Harz als Bindemittel bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur hergestellt.

Nicht bituminierte Holzfaserdämmplatten bestehen aus 78 M% Restnadelhölzern der Sägeindustrie, 18 M% Durchforstungshölzern, 1 M% Wachsemulsion und 3 M% Aluminiumsulfat zur Ausfällung (Aktivierung) des holzeigenen Harzes. Sie können auch 0,5% Holzleim (Harnstoff- Formaldehydleim) enthalten.

Bitumierte Holzfaserdämmplatten bestehen aus 12 M% 60%iger Bitumen-emulsion.
[BOISITS 1991]

Zum Deponieverhalten der Bestandteile Formaldehyd und Bitumen siehe auch unter Punkt 2.2.7.3 "Gebundene Faserdämmstoffe".

2.2.7.6 Hüttenbims

Dieses Dämmmaterial wird in loser Schüttung verwendet. Hüttenbims und Hüttenschutt bestehen aus poröser Hochofenschlacke und werden außerdem als Zuschläge für Leichtbeton verwendet.

Deponieverhalten:

Laut einem Gutachten [BVA, Arsenal 86 in BOISITS 1991] sind die wäßrigen Extrakte von Hüttensplitt als unbedenklich in umweltverträglicher Sicht anzusehen. Lediglich die Eisenkonzentration liegt deutlich (6-fach) über den Werten der Trinkwassernorm ÖNORM M 6250.

2.2.7.7

Zellulosefaser

Aus Altpapier hergestelltes Zellulosedämmmaterial wird in Flockenform in Hohlräume im Dach- und Deckenbereich eingebracht. Es besteht zu 80% aus reinem Tageszeitungspapier und wird mit Flammenschutzmittel 12 M% Borax und 8 M% Borsäure behandelt. [BOISITS 1991]

Deponieverhalten :

Zellulosedämmstoff ist nach der ÖNORM S 2072 nicht deponierfähig, da im Deponiesickerwasser das Borat in unzulässigem Maß ausgewaschen wird.

2.2.7.8 Schaumglas

Die Ausgangsprodukte entsprechen denen der Glasherstellung (Quarzsand, Feldspat, Kalk, Soda, auch der Zusatz von Altglas ist möglich). Die Schäumung erfolgt durch Zugabe von Kohlenstoff und Erhitzung auf ca. 1000 °C.

Schaumglasplatten eignen sich besonders für feuchtigkeitsempfindliche Gebäudeteile, sie werden vor allem auf Flachdächern eingesetzt. Sie sind auch für erdberührte Wandflächen, Keller und Terrassen geeignet, die Befestigung erfolgt durch Bitumen- oder Spezialkleber.

2.2.7.9 Schafwolle

Die Verwendung eines Motten- und Käferschutzmittels (Mitin oder Eulan) ist Voraussetzung für das Wollgütesiegel. Die Wolle wird mit Kernseife gewaschen und mit Soda durchgespült. Die Vernadelung zu Vliesen und Filz erfolgt mechanisch, ohne Bindemittel.

Deponieverhalten:

Unbehandelte Schafwolle kann innerhalb weniger Wochen kompostiert werden, bei borsalzimprägnierten Produkten käme es allerdings zu unzulässigen Auswaschungen.

Über das Verhalten des Mottenschutzes beim Kompostieren ist derzeit nichts bekannt. Auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien sollte Schafwolle wegen der organischen Zusammensetzung nicht abgelagert werden. [UMWELTBERATUNG 1995]

2.2.7.10 *Kokosfasern, Stroh, Schilf und Kork*

Kokosfasern sind meist rein und gegebenenfalls mit Flammschutzmitteln (meist Ammoniumsulfat, Wasserglas oder Borsalz) behandelt.

Das Material wird als Filz, Matte und als Platte angeboten. Kokos ist für fast alle Dämmbereiche geeignet, wie Zwischensparrendämmung, für Ständerwände, zur Dämmung von Hohlräumen, in Fußböden unter Estrich sowie als Stopfmaterial. Kokosfaserdämmstoff ist aufgrund seiner mechanischen Beständigkeit gut wiederverwendbar.

Stroh ist meist ohne Flammschutzmittel mit Spezialpapier verklebt und zu Strohleichtbauplatten zusammengefügt. Aus seinen Einsatzgebieten im Hausbau (z.B. Dachabdeckung) ist Stroh weitgehend verdrängt worden. Größere Bedeutung hat Stroh derzeit beim Lehm- und Leichtlehm-Bau als Zuschlag bei der Leichtlehm-Bauweise erlangt.

Schilf ist im Vergleich zu anderen Naturfasern wesentlich härter und verrottet kaum. Es besitzt Brandschutzeigenschaften aufgrund der sehr hohen Kieselsäuregehalte und muß deshalb nicht mit chemischen Zusätzen und Bindemitteln behandelt werden. Das Schilfrohr wird zu Platten, Rollen und Matten verarbeitet. Bei der Verarbeitung zu Dämmplatten werden die einzelnen Schilfstauden eng zusammengepreßt und mit verzinktem Draht oder Nylonfäden (Polyamid) maschinell gebunden. In reiner Form ist Schilf problemlos kompostierbar, sofern keine Drähte enthalten sind.

Kork wird rein in Druckbehältern niedrigem, überhitzten Wasserdampf ausgesetzt, expandiert dabei und wird durch das korkeigene Harz gebunden. Bei der Expansion entsteht Phenol. Diesem Kork wird zur Imprägnierung Bitumen zugesetzt. Kork wird lose als Naturkorkgranulat, als Granulat aus expandiertem Kork und als Backkorkplatten angeboten. Bevorzugte Anwendungen sind Außen- und Innenwände, Wände gegen Erdreich (Innendämmung), Schräg- oder Flachdächer und Böden oder Hohlräume. Rein expandierter Kork verrottet im Erdreich oder auf dem Kompost. [UMWELTBERATUNG 1995]

2.2.8 Kunststoffe

Die mengenmäßige Erzeugung von Kunststoffen ist zwar wesentlich geringer als die Produktion mineralischer Baustoffe, immerhin jedoch in etwa so groß wie der Verbrauch von Eisen und Nichteisenmetallen zusammen. Beachtlicherweise werden 24% der in der BRD produzierten Kunststoffprodukte im Bauwesen eingesetzt [KNOBLAUCH 1987]

Die Ausgangsstoffe für die vollsynthetischen Kunststoffe werden hauptsächlich Erdöl, daneben auch Kohle und Erdgas sowie Kalk, Kochsalz, Wasser u. a. Kohlenwasserstoffe verwendet. Am Aufbau der Kunststoffe sind vorwiegend die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff beteiligt und weiterhin auch Chlor (PVC), Stickstoff (Polyamide), Fluor ("Teflon"), Schwefel (Polysulfide), Silizium ("Silikone") u. a. m.

- *PVC* (hart) wird für Rohre, Tafeln, Wellplatten, Fliesen, Fenster, Türen, Fassadenverkleidungen, Rolläden, Behälter, Folien, Dachrinnen und Hartschaumstoffe verwendet.
- *PVC* (weich) wird als Fußbodenbelag, Schläuche, Folien, Dichtungsband, Kabelisolierung, Kunstleder, Blechbeschichtung und Weichschaumstoff verwendet.
- *Polymethylmethanacrylester* (PMMA, Acrylglas) wird für lichtdurchlässige, auch farbige Platten, Stäbe, Rohre, Gehäuse und Beschläge eingesetzt.
- *Polyamid* (PA) wird beispielsweise für Fäden, Gewebe, Teppiche, Folien, Platten, Profile, Schrauben, Dübel und Dichtungen verwendet.

- *Polyethylen* (PE) findet Verwendung für Folien, Dichtungs- und Schutzplanen, Behälter, Tafeln, Rohre, Sinkkästen und Kabelisolierungen.
- *Polypropylen* (PP) wird verwendet für Rohre, Armaturen, Beschläge, Tafeln, Verpackungsbänder, Heizölbehälter, Teppiche und Mischfasern.
- *Formaldehydharze* und *Phenolformaldehydharze* finden Anwendung für Platten, Stäbe, Blöcke und mit Füllstoffen versehen für Isolatoren, Schalter, Steckdosen und Holzfaserplatten.
- *Ungesättigte Polyesterharze* (UP), *Epoxidharze* (EP) werden verwendet als Klebstoff, Bindemittel, Injektionsharze, Beschichtung von Industriefußböden und für die Herstellung von Kunstharzbeton und -mörtel.
- *Glasfaserverstärkte Kunststoffe* (GFK) finden Verwendung für Platten, Dächer, Wartehallen, Profile, Rohre, Fenster und Türen.
- *Silikone* (SI auch Siloxane) sind kettenförmige Makromoleküle, die durch fortlaufende Verbindung mit Silizium und Sauerstoffatomen gebildet werden. Die Seitenvalenzen des Siliziums sind mit organischen Gruppen besetzt. Je nach Art der Ausgangsstoffe, der Besetzung der Seitenvalenzen, und dem Polymerisationsgrad können ölige, hydrophobe, pasten-, harz- und kautschukartige Silikone hergestellt werden. Verwendet werden sie als Imprägniermittel, Schutzanstriche und Schichtstoffe. Silikondispersionen werden für wasserabweisende Imprägnierungen von Außenbauteilen, z. B. zur Sanierung historischer Bauwerke verwendet, Silikonkautschuk für Dichtungen und Transportbänder.

Deponieverhalten:

Polyethylen hat meist keine Zusatzstoffe und ist weichmacherfrei. Es gilt als beständig und mit hin persistent, aber weniger kritisch als PVC im Boden. In der vorliegenden Literatur werden keine Wirkungen auf den Boden beschrieben. Ein abschließendes Urteil ist daher nicht möglich. Aus Vorsorgegründen sollte der Eintrag in den Boden vermieden werden. Über chloriertes PE liegen keine näheren Informationen vor. [GREIFF 1990 in BOISITS 1991]

Ergebnisse von durchgeführten Auslaugetests geben nur unvollständig Hinweise für das Verhalten der organischen Zusätze im Kunststoff. Auch wurde das Problem der Ausgasung von FCKW-Gasen bisher nicht näher untersucht. Bei PVC-Fußbodenbelägen zeigt das Eluat deutlich den Übergang schwerflüchtiger organischer Stoffe vom PVC in das Eluationsmedium Wasser. [LECHNER 1991]

Das Deponieverhalten von PVC ist aufgrund von problematischen Inhaltsstoffen (z.B. 0,2% Cadmium als Stabilisator, Blei) im Boden kritisch.

Schätzungsweise gelangen weltweit 200 000 Mg/a DEHP (Diethylhexylphthalat) ins Sickerwasser von Deponien [RIPPEN in FELLINGER 1993]. Laut dem amerikanischen Umweltbundesamt besteht der Verdacht, daß DEHP, der am häufigsten eingesetzte Weichmacher, erbgutschädigend und krebserregend ist.

Kunststoffe (vor allem UF, PUR, PVC und solche mit Weichmachern) sind wegen problematischer Zusatzstoffe oder wegen möglicher Abspaltungen für eine Ablagerung auf Deponien nicht geeignet.

Generell besteht bei Kunststoffen die Gefahr der diffusen Verteilung von kritischen Zusatzstoffen (z.B.: halogener Verbindungen). Auch wenn einige Kunststoffarten oberflächlich gesehen im Boden stabil erscheinen, tragen sie letztlich doch zur Allgegenwart bestimmter Umweltchemikalien bei und verschleiern die Entsorgungsproblematik. [BOISITS 1991]

Die Durchführung weiterer Untersuchungen zum Deponieverhalten von Kunststoffen ist anzuraten.

Die DeponieVO begrenzt die Beimengung von Bauwerksbestandteilen aus Metall, Kunststoff, Holz und anderen organischen Materialien zu den Baurestmassen auf insgesamt höchstens 10 Vol%. Aufgrund des zunehmenden Einsatzes von Kunststoffen in fast allen Baubereichen dürfte es schwierig sein bei gleichbleibender Verwendungs- und Entsorgungspraxis, diese Bestimmung einzuhalten.

2.2.9 Kalksandsteine

Gemahlener Branntkalk (CaO) wird mit kieselsäurehaltigen Zuschlägen (feinem Quarzsand) unter geringem Wasserzusatz gemischt. Bei der Zwischenlagerung in Reaktionsbehältern löscht der Kalk zu Kalkhydraten ab. In Autoklaven werden die gepreßten Rohlinge unter Sattdampfdruck bei etwa 16 bar und Temperaturen von 160 bis 220 °C gehärtet. Dabei kommt es zur Reaktion zwischen dem Kalk und dem durch den heißen Wasserdampf aufgeschlossenen Siliziumoxid des Zuschlags, wobei Calciumhydrosilikate in Kristallform entstehen, die eine dauerhafte Verkittung der Sandkörner bilden. Eine Karbonatisierung tritt bei der Herstellung nicht auf. Der Kalksandstein hat nach dem Härten seine endgültige Festigkeit erreicht und kann nach Abkühlung auf der Baustelle verarbeitet werden.

Deponieverhalten:

In der DeponieVO BGBl. 164/1996 sind Kalksandsteine als geeignet angesehen auf Baurestmassen- und Massenabfalldeponien abgelagert zu werden.

2.2.10 Gips

Gips ist chemisch das mit Wasser kristallisierte (hydratisierte) Calciumsulfat. Er wird aus Gipsstein ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) durch Brennen hergestellt. Beim Anmachen der Baugipse mit Wasser wird das ausgetriebene Wasser wieder aufgenommen, sodaß das Erhärtungsprodukt wieder kristallisiertes Doppelhydrat $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ist. Gips wird sowohl lose als auch in zahlreichen Kombinationen mit anderen Werkstoffen (z.B.: Karton, Polystyrol, Mineralwolle) verwendet.

Gips für Feuchträume wird mit Kunstharz imprägniert und verliert dabei seine positiven Eigenschaften für das Wohnklima als Feuchtespeicher.

Gewonnen wird Gips durch den Abbau der natürlichen Vorkommen und in zunehmendem Maße aus Rauchgasentschwefelungsanlagen (sogenannter "REA-Gips").

Deponieverhalten:

Für das Verhalten von Gips in Deponien ist von Bedeutung, daß die Löslichkeit stark von den im Sickerwasser gelösten anderen Salzen abhängt. Alkali- und Magnesiumchloride erhöhen die Löslichkeit. So ist z.B. die Löslichkeit von Gips in Meerwasser etwa das Doppelte der Löslichkeit in reinem Wasser. Besonders stark steigt die Löslichkeit von Gips in Wasser bei der Zugabe von Säuren oder Ammoniumacetat. Dies bedeutet, daß in Deponien besonders in der sogenannten "sauren Phase" des Abbaus organischer Substanz, mit einem verstärkten Angriff durch Müllsickerwasser zu rechnen ist. Gleichzeitig kann Gips auch durch anaerobe Bakterien im Wege der Sulfatatmung biochemisch umgesetzt werden. Dabei wird giftiges, geruchsintensives Schwefelwasserstoffgas gebildet. [LECHNER 1991]

Eine organische Belastung, die sich durch die Verwendung von Karton bei Gipskartonplatten ergibt, ist zu beachten. Organische Materialien im Bauschutt können durch biochemischen Abbau den pH-Wert im Sickerwasser absenken.

Eine der Schlußfolgerung daraus, ist die Forderung nach einer (von Müll und biogenen Abfällen) getrennten Ablagerung von Bauschutt. Dadurch kann das Dargebot an anorganischen, inkrustationsbildenden Elementen wie Eisen und Calcium verringert werden. [RAMKE 1990 in LECHNER/DREIER 1995]

Zur Mobilisierung von Sulfat aus abgelagertem Gips in Bauschutt ist zu beachten, daß im Sickerwasser einer Baurestmassendeponie stets auch andere Calciumsalze (v.a. Hydrogenkarbonat) enthalten sind. Diese bewirken, daß die Gleichgewichtskonzentration des Sulfates abgesenkt wird. Wird die Konzentration der Calciumionen erhöht, so sinkt die Konzentration der Sulfidionen.

Das Auslaugverhalten des Betonwürfels zeigt, daß bei langer Kontaktzeit ein Sulfatangriff am Betonprobekörper erfolgt, der auch die Freisetzung eingebundener organischer Stoffe nach sich zieht. [LECHNER 1991]

Eine Erscheinung, die ebenfalls häufig Korrosionen an Betonteilen verursacht, ist das sogenannte Sulfatreiben. Diesem Phänomen, das bei Kontakt von Sulfat mit Beton bzw. Mörtel beobachtet wird, liegt die Bildung des Tricalciumaluminat-trisulfates (Ettringit) zugrunde. Dabei wird der Beton gedehnt, die Festigkeit des

Betons steigt zunächst, bis schließlich der Kristallisationsdruck durch die Ettringitbildung so groß wird, daß das Gefüge gesprengt wird. Die Ettringitbildung kann in der Baurestmassendeponie die hauptsächlich aus Gips stammenden Sulfationen in gewissem Umfang chemisch binden. Dieser Effekt tritt allerdings nur dann in Erscheinung, wenn der Massenanteil an Gips bezogen auf Beton oder Mörtel gering (z.B. 1%) ist. Daher werden Sulfatmissionen aus abgelagertem Bauschutt normalerweise zu erwarten sein. [LECHNER 1991]

Die DeponieVO BGBl. 164/1996 schreibt für Baurestmassendeponien einen Grenzwert für Sulfat (als SO_4) im Eluat vor, der für gipshaltigen Bauschutt bis zu dreifach überschritten werden darf, wenn die Ca- Konzentration im Eluat mindestens die 0,43-fache Sulfatkonzentration erreicht. Auf Massenabfalldeponien ist der Grenzwert um das 5-fache höher.

2.2.11 Magnesiabinder

Magnesiabinder bestehen aus Magnesiumoxid und einem Magnesiumsalz (meist MgCl_2 oder MgSO_4) und besitzt die Fähigkeit steinartig zu erhärten.

Mit neutralen Füllstoffen versehen werden aus diesem Baustoff künstliche Steine, fugenlose Estriche, Kunstmarmor und Holzwolle-Leichtbauplatten hergestellt. Die Produkte sind gegen heißes Wasser nicht beständig.

Als Endprodukte sind im erhärteten Magnesiamörtel MgO , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ und noch freies MgCl_2 vorhanden.

Deponieverhalten:

Freies Magnesiumchlorid fördert stark die elektro-chemische Korrosion von Metallen (auch aus Zink oder verzinkten Stahlteilen) und es greift Emaille an.

Die Reaktionsprodukte des Magnesiabinders greifen wegen ihrer basischen Wirkung ($\text{Mg}(\text{OH})_2$ ist eine relativ starke Base) auch amphotere Metalle wie Aluminium, Kupfer und Blei an. Der Angriff auf Blei kommt jedoch sehr rasch zum Stillstand, da sich auf der Metalloberfläche schwerlösliches Bleichlorid bildet. [KNOBLAUCH 1987]

Weiteres zum Deponieverhalten siehe unter Punkt 2.2.7.4 bei Holzwolle-Leichtbauplatten.

2.3 Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit

Die konventionelle Recyclingschiene verläuft über eine Zerkleinerung und Aufbereitung der Ausgangsstoffe und anschließender Wiederverwertung.

Bei Hochbaumaßnahmen ist die Auswahl des Abbruchverfahrens entscheidend, um möglichst homogene Fraktionen zu erhalten. Beim Abbruchvorgang werden häufig wertvolle mineralische Grundstoffe mit technisch problematischen Stoffen wie Holz, Nichteisen-Metalle, Gips und auch mit umweltbelastenden Stoffen wie Kunststoffe, Lacke, Folien, Schaumdämmstoffe vermischt.

Recyclingfähige Rohstoffe können bereits durch relativ kleine Mengen verunreinigender Bestandteile unbrauchbar werden, weil die Aufbereitung entweder zu kostenintensiv oder sogar nicht mehr möglich ist. Stoffgemische oder Verbundstoffe sind meist gar nicht oder nur zu minderwertigeren Recyclingprodukten verwertbar.

Die hochwertigste Recyclingstufe stellt eine Wiederverwendung ganzer Bauteile und Elemente in der gleichen Funktion möglichst ohne Aufbereitungsaufwand dar.

Der Zeitpunkt der Stoffsartierung kann während des Abbruchs (getrennter Ausbau), vor der Aufbereitung (Sortierung) oder während der Aufbereitung (Separierung) stattfinden und hängt von organisatorischen, letztlich von wirtschaftlichen Kriterien ab.

2.3.1 Nach Stoffen und Materialien

Für viele der Baustoffe und -materialien existieren bereits technisch gut funktionierende Aufbereitungsverfahren, die im folgenden anhand einiger Beispiele kurz beschrieben werden sollen. Unter der Berücksichtigung der Möglichkeiten zur Wieder- und Weiterverarbeitung (Recycling) wurden sie wie folgt gegliedert [nach DREES 1989 u. LBB 1993]:

2.3.1.1 *Betone und Mörtel*

Eingesetzt werden diese Baustoffe als Verbindungsmittel, Putze, Estriche und Verbundstoffe für Fundamente, Wände und Schalen (Beton mit Stahl). Betone als Fertigteile sind für die Wiederverwendung mehr geeignet, als Betone im monolithischen Verbau. Mörtel wird beim Recycling zermahlen, Beton wird zertrümmert, zerkleinert und ebenfalls zermahlen. Betonblöcke und Tafeln kann man für Befestigungszwecke (z.B.: Teiche) weiterverwenden, Beton eignet sich zur Splittgewinnung.

Altbetonbruch mit geringen Anteilen von betonschädlichen Beimengen wie Gips und ohne chemischen Verunreinigungen wird als Splittbeton (Zementstein 30%/Reinsand 30%/Splittbeton 40%) auch im Hochbau wiederverwendet, in Bereichen wo Verformungsverhalten und Festigkeit des Betons von untergeordneter Rolle ist.

Die österreichische Richtlinie für Recyclingbaustoffe (1992) legt einerseits den zulässigen Anteil an Abschlämbbarem fest, andererseits wird auch der Anteil an bituminösen Material begrenzt. Für eine Aufbereitung und spätere Anwendung im Hochbau bedeutet ein Bitumenanstrich auf mineralischem Brechgut erhebliche Einschränkungen.

Einen Sulfatgehalt (SO_3) von höchstens 0,3 M% wird in der ÖNORM B 3304 für Zuschlagstoffe gefordert, um ein Sulfatreiben des Zementsteingefüges zu verhindern.

2.3.1.2 *Keramische Stoffe*

Die dispers natürlichen oder synthetischen Rohstoffe werden als verfestigte Formlinge gebrannt und sind als Ziegel oder Steinzug in Verwendung. Bei schadfreier Zerlegung können Dachziegel direkt wiederverwendet werden. Mauerziegel mit Fugenmörtelresten können nach Reinigung zu Splitt aufbereitet werden.

2.3.1.3 *Natursteine*

Bei Mineralien, die durch geologische Vorgänge gebildet wurden, ist eine Weiterverwendung durch Abbauen, Abnehmen, Aussieben und Sortieren möglich (z.B.: Pflastersteine, Platten). Außerdem eignen sich Natursteine zu einer Aufbereitung zu Splitt und Feinzuschlagstoffen.

Fast die gesamte Gruppe der *mineralischen Baustoffe* kann problemlos aufbereitet werden und wird z.B. im Straßenbau oder - bisher allerdings vereinzelt - im Hochbau wiedereingesetzt. Fremdstoffe werden zum Teil im Aufbereitungsprozeß über Magnetabscheider (Metalle), über Windsichter, durch Auswaschverfahren oder per Hand aussortiert. Die Vermischung mit den bei Wasser- und Frosteinwirkung nicht raumbeständigen Materialien wie z.B. Gips und Porenbeton sollte jedoch vermieden werden. Porenbetonbaustoffe können bei sortenreiner Sammlung (z.B. als Granulat) zu Schüttdämmstoffen oder Chemikalbindern aufbereitet werden, sowie in die Produktion neuer Bauteile einbezogen werden. Bei sortenreiner Sammlung von Gipsresten ist ebenfalls eine Aufbereitung und Zumischung zu Neumaterial möglich. Hier werden neben den technischen vor allem organisatorische Hindernisse der Separierung und Zwischenlagerung zu überwinden sein.

Eine Konstruktion aus ausschließlich raumbeständigen, mineralischen Baustoffen hat deshalb wesentliche Recyclingvorteile.

2.3.1.4 *Bauglas*

Glas ist im Bauwesen als Fenster-, Tafel-, Guß-, Profilglas u. a. in Verwendung und kann direkt wiederverwendet werden. Der Baustoff, der nur schwer deformierbar ist, kann durch Zuschneiden weiterverwendet werden.

Bei Fensterglas (Silikatgläser) ist eine Wiederverwendung möglich sofern ein zerstörungsfreier Ausbau erfolgte. Recycling ist theoretisch als Zuschlagstoff für neue Produkte (u.a. Glasfaserdämmstoff, Schaumglas, Behälterglasproduktion) möglich.

Spezialgläser, wie aufwendiges Isolierglas, farbig getöntes Absorptionsglas, metallbedampftes Reflexionsglas, Sicherheitsglas oder Brandschutzglas, sind für Recycling wesentlich schlechter geeignet als normales Flachglas.

Emaile wird als glasig erstarrte Masse auf Werkteile aufgeschmolzen und bildet so einen Werkteilverbund, der sich nicht für Recycling eignet.

2.3.1.5 *Metalle*

Stahl, der als kristalliner Stoff zu Träger und Stützen geformt wird, kann unter Berücksichtigung der Streckgrenzen und Verformungen in ausgebauter Form wiederverwendet werden. Verbaute Betonstähle sind jedoch schwer auslösbar. Durch Umformung (Zuschneiden) ist auch ein Recycling begrenzt möglich.

Gußeisen erhält seine Formgebung durch Gießen und ist eine Eisen-Kohlenstofflegierung. Im Bauwesen wird der meist unlegierte Grauguß für Rohre, Heizkörper und Formstücke verwendet. Während in ausgebauter Form eine Wiederverwendung der Gußeisen direkt möglich ist, ist von einem Kalt- oder Warmformen abzuraten.

Nichteisenmetalle (Cu, Zn, Pb, Al) werden für Tragkonstruktionen, Innenausbau, Dacheindeckungen und Rinnen verwendet. Sowohl ausgebaute Aluminiumkonstruktionen, wie auch Zink- und Kupferbleche und Bleiverwahrungen eignen sich zur Wiederverwendung. Eine Aufbereitung durch Neuformung und Zuschneiden ist möglich.

Die Rückführung und Verwertung von *Metallen* über den Schrotthandel (z.B.: Rohre, Heizkörper, Dachrinnen) wird seit Jahren praktiziert.

2.3.1.6 *Bauholz*

Bei *Bauholz* (v.a. Nadelholz für den Roh- und Ausbau) können sowohl Deckenbalken, Schalungsbretter aber auch Edelholzvertäfelungen direkt wiederverwendet werden. Holz- und Holzwerkstoffe werden zerkleinert, verspannt oder zerfasert und stellen dadurch Ausgangsstoffe für verschiedene neue Produkte dar. Einige sind wieder im Bauwesen einsetzbar (z.B. Holzfaser-Spanplatten). Bei dieser Wiederverwertung muß jedoch sichergestellt sein, daß durch das verwendete Altholz keine Schadstoffe (z.B. Holzschutzmittel) in die neuen Produkte gelangen. Aufgrund dieser Forderung wird häufig auf den Einsatz von Althölzern aus Bauwerksabbrüchen verzichtet, da keine Angaben zur früheren Holzbehandlung und deren Inhaltsstoffen vorliegen.

2.3.1.7 *Dämmstoffe*

Sofern mineralische oder biogene Dämmstoffe lose verlegt oder geschüttet und nicht verschmutzt oder durchfeuchtet sind, lassen sie sich problemlos wiederverwenden.

Mineralisch gebundene Holzwole ist als komplette Platte nur selten wiederverwendbar, weil sie meist mit Putz oder Klebemörtel verarbeitet wird. Für Mineralwole, die zwar zum Teil unter Zugabe von Sekundärrohstoffen hergestellt werden kann (Altglaseinsatz bei der Herstellung von Glaswole), befindet sich die Weiterverwertungsmöglichkeiten noch im organisatorischen Aufbau. Allerdings nimmt inzwischen ein führender deutscher Produzent von Steinwole in den vier Herstellerwerken Verschnitt und Altmaterial zur Aufbereitung gegen Entgelt zurück.

Auch Hersteller von Zellulosedämmstoffen haben sich in der BRD bereit erklärt, ihren Dämmstoff wieder zurückzunehmen, denn bei sauberer Demontage kann der Zellulosedämmstoff wiederverwendet werden. Mittels Absauganlage ist die Wiederverwendung theoretisch zu 100%, realistisch zu 95-98% möglich.

Korkdämmstoffe, in sortenreinen Mengen zerkleinert, können als Wärmedämmschüttungen verwendet werden.

Polystyrolhartschaumplatten werden ebenfalls in Granulate zerkleinert und werden dann als Wärmedämmschüttungen, Porosierungsmittel für Ziegel- und Leichtbetonherstellung und Filtermaterial für Dränagen verwendet.

2.3.1.8 *Kunststoffe*

Bei der Verwertung von *Kunststoff* handelt es sich in vielen Fällen um noch verhältnismäßig neue Techniken.

Dabei sind Kunststoffe (polymere organische Stoffe) verschiedener Art und Herkunft zu unterscheiden (z.B.: Bodenbeläge, Fenster, Profile und Rohre aus PVC, Bauteile und Gegenstände aus Polyethlen, Wärmedämmstoffe aus Polystyrol). Notwendige Voraussetzung für die Verwertung ist ihre Separierung von anderen Materialien. Bei der Produktion neuer Bauteile können sie zum Teil nur in funktional oder optisch geringer beanspruchten Bereichen eingesetzt werden. Eine Wiederverwendung ist außer bei Folien, Vergußmassen oder Anstrichextrakten möglich.

2.3.1.9 *Mineralische Bindemittel*

Kalk, Gips und Zementmischungen sind als feingemahlene Gemenge erhärtungswirksame Hydrate, die in abgebundener Form nicht mehr direkt verwendet werden können.

2.3.1.10 *Baustoffgruppen mit erheblichen Handlungsbedarf*

Als Bereiche, bei denen hinsichtlich der Recyclingfähigkeit von Bauteil- und Baustoffgruppen noch erheblicher Handlungsbedarf besteht, sind insbesondere folgende zu nennen:

Für *Bodenbeläge*, hier vor allen Dingen textile Beläge (synthetische und natürliche Faserstoffe), die zu den am häufigsten in kurzen Zyklen ausgetauschten Baustoffen gehören, existiert derzeit noch kein ausgereiftes Recyclingverfahren.

Die *Anstrichmittel* (Stoffmenge in flüssiger bis pastenförmiger Aufbereitung von Kalkfarben bis Epoxidfarben) und *Lacke* werden in unterschiedlichen Produktgruppen eingesetzt und erschweren zum Teil die stoffliche Aufbereitung und Verwertung dieser Bauprodukte.

Sanitäreinrichtungen und -anlagen, Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen sowie Elektroanlagen, deren Verwendung als komplettes Bauteil funktional/technisch nicht mehr möglich ist. Diese Anlagen setzen sich häufig aus einer Vielzahl verschiedener Materialien zusammen, die zum Teil nur in sehr geringen Mengen anfallen und deren Separierung einen hohen Aufwand erfordert. [BREDENBALS/ WILLKOMM 1996]

2.3.2 **Nach Bauweisen der Außenwände**

2.3.2.1 *Die einschalige Außenwand (Außenputz/Mauerwerk/Innenputz)*

Die Wiederverwendung der einmal vermörtelten Steine kommt aus Kostengründen eher nicht in Frage. Das mineralische Material kann jedoch abgerissen, gemahlen und im Straßenbau als Auffüllmaterial eingesetzt werden. Bei Verwendung eines Gipsputzes als Innenputz ist die Recyclingfähigkeit allerdings gemindert.

*2.3.2.2 Außenwände mit Wärmedämm-Verbundsystem
(Außenputz/Dämmschicht/ Mauerwerk/Innenputz oder
Wärmedämmputz/Mauerwerk/Innenputz)*

Die fest miteinander verbundenen Schichten können beim Abriß nicht getrennt werden. Daher bleibt derzeit nur die Deponierung als Entsorgungsweg. Die heute massenhaft verbauten Dämmstoffe, wie zum Beispiel Hartschaumplatten sind erst seit ca. 30 Jahren auf dem Markt.

*2.3.2.3 Mehrschalige Wandaufbauten mit Luft- und Dämmschicht
(Vormauerschale/ Luftschicht/ Dämmschicht/Mauerwerk/Innenputz)*

Diese Außenwand hat eine relativ gute Recyclingfähigkeit, da sich die einzelnen Schichten wie auch die Dämmstoffe separat abreißen lassen.

*2.3.2.4 Wandmaterialien von Außenwände mit Kerndämmung
(Vormauerschale/ Dämmschicht/Mauerwerk/Innenputz)*

Die Recyclingfähigkeit ist theoretisch gut, da man diesen Wandaufbau schichtweise abreißen kann. Die vermörtelten Steine können als Füllmaterial weiter verwendet werden. Ebenso können die Materialien der Schüttdämmstoffe wiederverwendet werden. Bei Ausschäumungen mit PU wird wegen des festen Verbundes mit den Mauersteinen das Recycling des mineralischen Materials verhindert.
[LANDESINSTITUT FÜR BAUWESEN 1993]

Historische Entwicklung der Bauweisen in Wien seit 1945 (Überblick)

Bei der Recherche stießen die AutorInnen auf das gravierende Problem, daß über die historische Entwicklung von Baumaterialien praktisch keinerlei Aufzeichnungen bestehen. Um zu Daten zu gelangen wurden u.a. folgende Stellen interviewt:

im Bereich der Stadt Wien: MA 18, MA 21, MA 24, MA 37 (Außenstellen und Zentrale), MA 39, MA 66

TU Wien: Institut für Städtebau, Institut für Baustofflehre, Institut für Abfallwirtschaft

Lediglich die Statistik der städtischen Wohnhäuser (s. Kap. 3.2.) bot einen gewissen Aufschluß darüber, wie die Entwicklung im Wohnhausbereich vorangeschritten ist. Bei allen anderen Stellen existieren lediglich mündlich überlieferte Erfahrungen, die nicht in eine aggregierte Statistik eingebracht wurden.

3.1 Historischer Überblick über Bauweisen seit 1945

3.1.1 Allgemeines

Gegenwärtig fällt Bauschutt von Bauwerken an, die vorrangig in Mauerwerksbauweise und in Mischbauweise (z.B. Stahl- und Stahlbetonskelett mit Mauerwerksausfachungen) errichtet wurden, diese Bauweisen waren bis 1900 und in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts die dominierenden Bauweisen.

Für die Zukunft ist eine andere Zusammensetzung zu erwarten, da aus den Daten über Baustoffproduktion und Baustoffeinsatz sich ein Ansteigen der Anteile von Beton, Aluminium, Kunststoffen und diversen "Bauchemikalien" in den Baurestmassen insgesamt und damit auch im Bauschutt ablesen läßt.

Die zukünftige Verwertung von Abbruchmassen wird eben ganz deutlich von den Bauweisen und der Baustoffverwendung nach 1950 bestimmt werden. Seit den 50er Jahren ist eine bestimmende Bauweise der Stahlbetonfertigteiltbau. Seit Anfang der 60er Jahre wurden sowohl der Einsatz von Transportbeton als auch verstärkte Maßnahmen zur Wärmedämmung relevant.

Es wird deutlich, daß der Gewichtsanteil des Betons und der sonstigen Baustoffe (Dämmstoffe, Isolierleichtbauplatten, Holzfaser- und Gipskartonplatten, Baustoffe auf Bitumenbasis, Baustahl, etc.) in der Vergangenheit stark anstiegen, während der Mauerwerks- und Mörtelanteil zurückgedrängt wurde. Insbesondere die Trockenbauweise (z.B. Gipskartonwände) im Verwaltungs- und Industriebau verdrängt den herkömmlichen Mauerwerksbau immer weiter.

Dabei werden mehr und mehr Stoffe eingesetzt (z.B. Klebemittel für Fußböden, Holzimprägnierungen, Abdichtungsmassen für Fugen), die mengenmäßig verschwindend gering sind, aber aus Umweltgesichtspunkten erhöhte Anforderungen an die Behandlung von Bauschutt stellen. Auch hier wird die Notwendigkeit der Trennung einzelner Materialien beim schrittweisen Abbau von Gebäuden und der getrennten Entsorgung problematischer Stoffe deutlich. [BILITEWSKI 1993]

Weiters zeigte sich, daß einfache Bauweisen, die noch nach 1945 vorwiegend gebaut wurden, seit den 60er Jahren durch eine Compound-Bauweise, einer Bauweise mit immer mehr Einzelbaumaterialien (pro Gebäude 50-100 Baumaterialien) abgelöst wurden.

3.1.2 Spezielle Bauweisen im Bereich der Stadt Wien

Die folgenden Aussagen resultieren aus Experteninterviews (R. Korab, ÖÖI und F. Maderthaler, TU Wien, Institut für Baustofflehre).

Bei den Bauweisen ist die Unterscheidung zwischen Wohnbau und sonstigen Bauten (Industrie-, Bürobau,...) wichtig.

Viele Bürogebäude wurden in Wien in den 50er Jahren mit Ortbeton gebaut. Auch Gebäude mit Glasfassaden und Eternittafeln sind Bauentwicklungen aus dieser Zeit. Typisch für die 60er Jahre sind in der Wiener Baubranche die Großtafelbauweise und die Ziegelbauweise.

Mit den 70er Jahren beginnt der Einsatz von PVC als Baumaterial.

Mit Beginn der 80er wurde die Mantelbetonbauweise bedeutend, bei der die Betonsteine als Doppelwandsysteme angereicht sind und mit Beton oder Ziegelsplitt gefüllt werden. Im Wohnbau kam es zur Renaissance des Ziegels.

Seit 15 Jahren ist auch der Mantelbetonstein Durisol häufig in Anwendung, da das Baumaterial billiger als der Ziegel ist.

Seit ca. 10 Jahren wird auch wieder massiv Gußbeton im Wohnungsbau eingesetzt, der nachträglich in Wärmedämmung gewickelt wird.

weitere Bauweisen:

- LEICHTBAUWEISE: relativ einfach zu demontieren, in Wien eher selten; Beispiele Gasbeton bei Reihenhäusern oder Holzhäusern
- SKELETTBAUWEISE (schon seit Jahrhundertwende im Industriebau), heute oft bei Bürogebäuden; Säulenelemente; Skelett ist extrem armiert, Haustechnik sollte vor Abbruch demontiert werden
- SCHOTTENSCHIEBENBAUWEISE: massive Tragelemente
- jetzt auch: MISCHBAUWEISE aus den obigen Typen

3.2 Auswertung der Datenblätter der MA 24 über die Bauweisen im sozialen Wohnbau der Gemeinde Wien

Der Datenbestand der MA 24 war das einzig verfügbare Statistikmaterial in Wien; der die Entwicklung im Wohnhausbereich dokumentierte. Bei allen anderen Stellen existieren lediglich mündlich überlieferte Erfahrungen, die nicht in eine aggregierte Statistik eingebracht wurden.

Von den zwischen 1947 bis 1993 durch die MA 24 erfaßten Wohnbauobjekte (insgesamt 1361), wurden von den AutorInnen 2-3 Objekte pro Jahr ausgewählt. Die ca. 120 Wohnbauobjekte wurden bezüglich ihrer Materialbilanz und Bauweise verglichen. Bei der Durchsicht der Daten waren die AutorInnen mit dem Problem konfrontiert, daß die Datenaufzeichnung der MA 24 unterschiedlich erfolgte (siehe Tabelle 3). Weiters konnte nicht von einer über die Jahre hin gleichbleibenden Nomenklatur ausgegangen werden (siehe Tabelle 5).

ZEITRAUM	DATENSTRUKTUR
von 1947 bis 1970	Angaben zur MATERIALBILANZ (insgesamt 23 Objekte)
von 1953 bis 1972	Angaben über die BAUWEISE
von 1953 bis 1993	Angaben über das DECKENSYSTEM
von 1971 bis 1993	Angaben über das MATERIAL DER TRAGENDEN WÄNDE

Tab. 3: Datenmaterial der MA 24

Die Materialbilanz wurde nur in den Jahren 1947 bis 1970 ausgefüllt (siehe Tabelle 4), da von dieser Zeit an hauptsächlich Generalunternehmer beauftragt wurden, die auch die Materialanschaffung selbstständig durchführten (siehe Tabelle 4).

In Tabelle 4 ist weiters ersichtlich, daß eine durchschnittliche Ziegelstückzahl von 8422 pro Wohnung verwendet wurde, wobei eine Schwankungsbreite von 532 bis 14.400 Stück gegeben ist.

Tab. 4: Materialbilanz der Wohnprojekte zwischen 1947 und 1970 nach den Datenblättern der MA 24

37 m² Holzfußboden pro Wohnung werden in den Jahren 1947 bis 1970 durchschnittlich verlegt (Schwankungsbreite zwischen 28 und 52 m²), ab 1973 werden in den Gemeindebauten erstmals auch PVC-Fußbödenbeläge verwendet.

Weitere Auffälligkeiten der Bauweisen und -materialien bei der Durchsicht der Datenblättern des kommunalen Wohnbaus der MA 24 sind im folgenden aufgelistet:

- Ab 1968 werden Gips- statt Ziegelzwischenwänden verwendet. Welleternit wird oft für Dachabdeckungen verwendet und Isolierfilze werden statt beschichtetem Material eingesetzt.
- Ab 1973 werden immer mehr Schwarzdächer und Eternitfassaden gebaut. PVC-Handläufe werden verwendet.
- Ab 1979 werden nicht nur Steinzeug-, sondern auch PVC-Abwasserrohre verlegt.
- Ab 1983 werden auch PVC-Fenster eingesetzt

Im kommunalen Wohnbau sind die Ziegel- und Mantelbetonbauweisen dominierend (siehe Tabelle 5). Erst in den letzten Jahren wird zu Ortbeton übergegangen.

Tab. 5: Bauweisen der Wohnobjekte zwischen 1947 und 1993 nach den
Datenblättern der MA 24

Zukünftige Entwicklungen und Trends

4.1 Allgemeine Trends im Hochbau

Bedenklich werden von den Experten in den Interviews vor allem folgende Trends gesehen:

1. In den letzten 20 Jahren wurde im Innenausbau um Flexibilität für Großraumbüros zu erreichen, der *PVC-Leichtausbau* gewählt. Hingegen wurden Wohnbautrennwände aus Schallschutzgründen aus Beton und Ziegel gebaut.
2. Es gibt einen enormen Zuwachs an *Zuschlagsstoffen und Hilfsstoffen*, u.a. da es keine Saisonbauten mehr gibt, müssen aus Frost-, Festigkeitsgründen eine Menge chemischer Zusatzstoffe in das Betongemisch, die oft wenig umweltverträglich sind, die Frage der Einbindung in den Beton muß erst geklärt werden.
3. *Wärmedämmung*: seit den 70er Jahren zunehmend eingesetzt, dabei wurde z.B. Polystyrol vollflächig geklebt (jetzt gibt es Tendenzen zum punktförmigen Ankleben), was bewirkt, daß bei der Entsorgung das Dämmmaterial heruntergeschält werden muß, wofür neue Demontagetechniken erforderlich sind.
4. die zunehmende Bedeutung der *Kunststoffputze*
5. Fenstermaterial aus *PVC*: In einer Billigbauweise werden ohne Blindstock Fenster eingemauert (noch immer üblich, da um öS 1.000,- billiger), was dazu führt, daß bei Demontage PVC-verunreinigtes Abbruchmaterial anfällt.
6. Von den Experten wird der *Innen- und Außenausbau* problematischer angesehen, als die eigentlichen Baumaterialien: In diesem Zusammenhang wären die Boden- und Wandbeläge, Farben und Lacke, etc. auf ihre Entsorgungsverträglichkeit zu untersuchen.

7. Bei Abbrucharbeiten treten *FCKW* aus den Schaumstoffen vermutlich nur in geringer Menge aus, die Dämmstoffe stellen jedoch derzeit das mit Abstand größte vorhandene, noch zu entsorgende FCKW-Potential.³

Die Stadt Wien betreibt bereits seit einigen Jahren den PVC-Ausstieg in der kommunalen Beschaffung und im Bau. Daher werden sich diese Probleme verringern. Auch bei den FCKW wird es in Zukunft "nur noch" ein Altlastenproblem geben. Die ungeklärte Frage der Bewertung von Wärmedämmsystemen aus gesamtökologischer Sicht wird allerdings weiter an Bedeutung gewinnen. Die Veränderung der Bauordnung seit September 1996 stellt ein zusätzliches Hindernis für die geordnete Entsorgung problematischer Baustoffe dar (s. Kap. 5.4.).

4.2 Umweltqualitätswettbewerb im geförderten Wohnbau der Stadt Wien

Ein neues Modell zur Steigerung von Umweltstandards, Wohnwert und ökonomischer Effizienz im großvolumigen Wohnbau ist ein Umweltqualitätswettbewerb der Stadt Wien. Das Wohnbauressort der Stadt Wien hat seit 1995 auf Initiative von Stadtrat Werner Faymann einen Weg zur Hebung der planerischen, ökonomischen und ökologischen Qualitäten im geforderten Wohnbau eingeschlagen, der auf beiden Säulen aufbaut, das Wettbewerbsprinzip aber in den Vordergrund stellt.

Die Beurteilung erfolgt u.a. entlang folgender Detailkriterien:

- Baustoffe und Baumaterialien: Verwendung von Materialien mit geringem Energieinhalt und möglichst umweltfreundlichem/r Produktzyklus/Produktlinie/Ökobilanz, Verwendung nachwachsender Materialien und Rohstoffe, Trennbarkeit und Wiederverwertbarkeit (Wiederverwendung/Recovering, Wiederverwertung/Recycling) der Bauwerkskomponenten im Abbruchfall

³ Obernosterer, R./ Brunner P.H.: Baurestmassen als zukünftige Hauptquelle für FCKW in der Abfallwirtschaft, in Müll und Abfall, 2/1997, S. 89-95

- Konstruktion: Aufbau und Zusammenwirken der Einzelbauteile (z.B. Außenwandaufbau: mehrschaliger oder einschaliger Aufbau, hinterlüftete Fassaden), Verarbeitung der Baustoffe (z.B. geklebter oder gedübelter Vollwärmeschutz)
- Bauphysikalisch-klimatische Qualität der Konstruktionselemente und Bauteile: wärmetechnische Qualität der Bauteile/Wärmedämmung (Außenbauteile, Fenster); Dampfdiffusionsoffenheit, Schadstoff-Freiheit, Auswirkungen auf das Innenraumklima

Die betriebswirtschaftlichen Handlungsspielräume und die volkswirtschaftliche Wirkung (Baukonjunktur, Lenkungseffekte, Marktaufbereitung für neue Technologien) sind im großvolumigen Wohnbau wesentlich höher als etwa im Einfamilienhausbau.

Denn trotz der stark gestiegenen Umweltqualitäten der Projekte und der deutlich verbesserten Planungs- und Architekturqualität sanken gleichzeitig die Herstellungskosten innerhalb eines Zeitraums von eineinhalb Jahren im Durchschnitt um etwa 15-20 Prozent.

Die zur Zeit im Bauträgerwettbewerbsverfahren erreichten Umweltstandards sind u.a.:

Im Bereich des konstruktiven Aufbaus kommen v.a. bei Mischbauweisen zunehmend hochwertigere und hinsichtlich der bauphysikalischen Eigenschaften besser abgestimmte Gesamtkonstruktionen zur Ausführung. Es wurden bereits mehrfach innovative Fassadensysteme unter Verwendung von Holz- oder Holzzementpaneelen angeboten, ebenso sind hinterlüftete Fassadensysteme relativ stark vertreten. Die Verwendung mineralischer Dämmstoffe ist stark im Kommen, nur mehr in Ausnahmefällen werden nicht-mineralische Außenputze angeboten. Die meisten Siegerprojekte der letzten Wettbewerbe verzichteten im Fassadenbereich auf Polystyrol-Wärmedämmungen. Eines der Siegerprojekte und mehrere nicht preisgekrönte Wettbewerbsprojekte sehen Korkwärmedämmungen vor.

Bei der Mehrzahl der Projekte wird ausdrücklich auf die Verwendung von PVC verzichtet. In aller Regel werden FCKW-/FKW-/HKW-frei geschäumte Baustoffe eingesetzt, teilweise auch Alternativen zu PU-Schäumen. Im Innenausbau ist PVC praktisch verschwunden.

In Anbetracht des im Wohnbau ausgelösten Investitionsvolumen stellen bauliche Innovationen auch einen nicht zu unterschätzenden Wirtschaftsfaktor dar. Nur bei einem ausreichend großen Projektvolumen ist es möglich, umweltfreundliche Bau- und Anlagentechnologien auch im großen Maßstab marktfähig zu machen.

Es kommt zur Entwicklung eines Binnenmarktes für umweltgerechte und innovative Produkte. Die Binnennachfrage wirkt belebend auf die Entwicklung oder Gründung lokaler oder regionaler Betriebe. Diese können wiederum in bestimmten Segmenten einen Technologievorsprung auf die überregionalen Märkten verschaffen, nicht zuletzt dadurch, daß realisierte Anlagen und Lösungen als Referenzprojekte vorgewiesen werden können.

Nur durch Motivation und Zusammenwirken aller Kräfte kann erreicht werden, daß "Wohnen" in jeder Hinsicht, daß heißt gleichermaßen unter sozialen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten, ein im wahrsten Sinn des Wortes "nachhaltiger" Grundpfeiler jedes einzelnen und unserer Gesellschaft bleibt. [KORAB 1996]

5

Empfehlungen für zukünftige Gestaltung von Hochbauten

5.1 Vermeidung durch Lebensdauererhöhung und Konservierung

Der Gedanke der Abfallvermeidung ruft bei den betroffenen Bauherren meist noch Unverständnis hervor, da er mit einem totalen Bauverbot gleichgesetzt wird. Es gibt allerdings Methoden und Strategien, die das Aufkommen an Hochbauschutt substanziell verringern können und trotzdem auch für die Bauwirtschaft einen beständigen Strom an Aufträgen sichern. In diesem Zusammenhang sei nur auf die letzte Regierungserklärung der Österreichischen Bundesregierung verwiesen, die mittels einer Wärmedämmoffensive für Bundesgebäude zusätzliche Arbeitsplätze schaffen bzw. sichern will. (Auf die besondere Problematik der reinen Wärmeschutzoptimierung ohne sonstige Umweltaspekte wurde bereits in Kapitel 3 hingewiesen.)

Es geht im wesentlichen um die Bereiche:

- Multifunktionelle Gestaltung von Neubauten und
- Konservierung und Adaptierung des Altbestandes.

5.1.1 Multifunktionelle Gestaltung von Neubauten

In einem Interview mit DI Raith (TU Wien, Institut für Städtebau) bezeichnet dieser als eine der wesentlichen Schwächen der moderneren Stadtarchitektur deren mangelnde Multifunktionalität. Er beschreibt die Gründerzeitbauten aufgrund der großzügigeren Raumgestaltung als "überlebensfähig" über mehrere Nutzungsperioden hinweg. Aus kurzfristigen Kostengründen werden die modernen Bauten lediglich in einem Nutzungskonzept gedacht. Somit verlieren z.B. Erdgeschosse, die lediglich mit Müllräumen und niederen Abstellräumen geplant wurden jede Möglichkeit in ein anderes Nutzungskonzept (z.B. Geschäftsstraße) einbezogen zu werden. Dies zu ändern ist eine klare Empfehlung an Architekten im

Bereich von urbanen Ballungszonen. Damit entfielen die Notwendigkeit, nach dem Ende einer Nutzungsperiode ein Gebäude jedenfalls ungeachtet seiner physischen Bestandsfähigkeit abreißen zu müssen.

5.1.2 Konservierung und Adaptierung des Altbestandes

Hier existieren bereits wesentlich größere Anstrengungen, nicht nur die Stadterweiterung an der Peripherie voranzutreiben, sondern verstärkt auch die Kernzonen zu erhalten und zu adaptieren. Die selektive Stadterneuerung, verbunden mit Anpassungen an Komfortstandards oder ökologische Vorgaben (Wärmeschutz) stellt eine weitere attraktive Möglichkeit dar, aktive Bauschuttvermeidung mit Beschäftigungsmöglichkeiten und Verdienstmöglichkeiten für die Bauindustrie zu kombinieren. Diese Ideen als präventiven Ansatz der Problemvermeidung zu vermarkten, ist allerdings noch Neuland und sollte von der Stadt Wien in Zukunft etwas stärker aufgegriffen werden.

5.2 Erhöhung der Verwertungsquoten

Generell sollte berücksichtigt werden, daß Baureststoffe zwar gebraucht, aber im physikalischen Sinne nicht verbraucht sind. Daher ist ein Wiedereinsatz in anderer Form, an anderer Stelle als Einsatz- oder umgewandelter Sekundärrohstoff gerechtfertigt und je nach Aufbereitungsverfahren ökonomisch und ökologisch sinnvoll.

Eine Erhöhung der Verwertungsquoten für Baurestmassen wird vor allem durch die Anwendung eines technischen und organisatorischen Instrumentariums bestimmt. Im wesentlichen können hierzu folgende Einflußgrößen [nach BILITEWSKI 1993] angeführt werden:

- Verstärktes Gewicht für Sekundärbaustoffe in Ausschreibungen der öffentlichen Hand und Akzeptanzförderung bei privaten Ausschreibern
- Nutzung der Ansätze für recyclinggerechte Bauweise, um zukünftige getrennte Erfassung von Baustoffen zu gewährleisten

- Nachweis der Einhaltung von Verwertungspflichten bei Bautätigkeiten und vorherige Quantifizierung der Massenströme
- Einführung des qualifizierten Abbruchs, d.h. frühzeitige Stoffselektion, um nachgeschaltete Aufbereitungstechnologien zu entlasten
- Verstärkte Entwicklung von Sortier- und Reinigungstechnologien zur Entfernung von Störstoffen, die die Qualität des Alternativ-Baustoffes beeinflussen
- Qualitätssicherung der Sekundärprodukte durch abgestimmte Aufbereitungstechnologien und allgemein anerkannter Güteüberwachung
- Entwicklung von neuen Märkten für problematisches Massenmaterial, z.B. Ziegel, Holz, sowie verstärkte Nutzung der vorhandenen Marktpotentiale

Die technischen Bedingungen für recyclingfähige Gebäude basieren auf drei Prozeßkreisläufen, die einander gegenseitig beeinflussen: dem Herstellungsprozeß der Baustoffe, Bauteile und Gebäude einerseits, dem späteren Demontage-, Rückbau- oder Zerlegungsprozeß andererseits und dem möglichen Aufbereitungs- oder Verwertungsprozeß.

Ökologisch und gleichzeitig ökonomisch sinnvoll sind einfache Baukonstruktionen, eine Reduzierung der Materialvielfalt, die Wahl langlebiger Baustoffe und die Vereinfachung der konstruktiven Details.

Aber auch bei der Wahl der Baustoffe sollte man auf Substitution von mineralischen Rohstoffen durch regenerierbare Ressourcen achten. Weiters sollten zerlegbare Bauteile statt Verbundstoffen verwendet werden. Die Wiederverwendung von Bauelementen und das Recycling von homogenen Baustoffen sollten in Zukunft den Einsatz von Primärbaustoffen und die Menge des Bauschutts reduzieren.

5.2.1 Schritte in Richtung optimales Mineralstoff-Recycling

Im folgenden werden Baustoffe, -materialien und -weisen betrachtet, die in Richtung optimales Mineralstoffrecycling [nach BREDENBALS, WILLKOMM 1996] führen:

Die *Gründung* des Bauwerks kann den statischen und bodenmechanischen Bedingungen entsprechend relativ konventionell ausgeführt werden, als Betonfundament in Form von Punkt-, Streifen- oder Plattenfundamenten. Allerdings sollte das konstruktive Konzept zur Erleichterung des Recyclingprozesses sehr bewehrungsintensive Fundamentbauteile vermeiden.

Bauteile im Erdreich wie Kellerboden und Kellerwände bzw. erdberührte Außenwände in Hanglagen können ebenfalls recyclinggerecht in relativ konventioneller Ausführungsart erstellt werden, z.B. aus Beton oder Betonstein oder Kalksandstein-Mauerwerk oder auch porositertem Ziegelmauerwerk. Es ist jedoch besonderes Augenmerk auf die Abdichtung gegen Wasser von außen zu richten. Eine optimal recyclingfähige Konstruktion sollte zu diesem Zweck auf organische Dichtungsmittel verzichten (wie Bitumen, Polymerbitumen, Butylkautschuk u.ä.).

Die Alternative wäre die Abdichtung mit hydraulisch gebundenen, mineralischen Dichtungsschlämmen oder die Herstellung von wasserundurchlässigem Beton.

Auch bei den Dämmstoffen sollte auf die Vermeidung der organischen Stoffe hingewiesen werden (z.B.: einschalige Wand aus wärmedämmenden Leichtbeton oder porositertem Ziegelmauerwerk).

Allerdings muß hierbei relativierend erwähnt werden, daß es in der Praxis der Aufbereitung nicht auf das absolute Fehlen der organischen Stoffverbindungen ankommt, sondern auf ihre relativ geringe Menge. Zudem sind auch im oberirdischen Bauwerk durch Bauwerksfugen, Dach-Wand-Anschlüsse, Feuchtraumabdichtungen u.ä. am Mauerwerk oder Beton anhaftende organische Stoffe oftmals nicht völlig vermeidbar.

Die *Außenwände* dieser Konstruktionsalternativen können als einschalige oder mehrschalige Mauerwerkswände mit Kalksandstein-, Mauerziegel- oder Betonwerkstein-Mauerwerk erstellt werden. Die genannten Mauerwerksmaterialien bieten gute Recyclingmöglichkeiten mit einem breiten, späteren Einsatzbereich der aufbereiteten Sekundärrohstoffe. Voraussetzung ist auch hier wieder die

Vermeidung organischer und frostbeständiger Störstoffe. Diese Aspekte sind vor allem bei der Auswahl der Dämmstoffe und der Oberflächenbeschichtung, d.h. der Putze und Anstriche zu beachten. Durch porosierte Mauerziegel können zusätzliche Dämmstoffe völlig vermieden und einschalige, weitestgehend materialhomogene Außenwände erstellt werden.

Als *Dämmstoffe* kommen bei mehrschichtigen Wänden mit Kerndämmung nur anorganische Stoffe wie z.B. Perlite, Blähton, Bims oder Schaumglas in Betracht. Werden diese als Schüttdämmstoff zwischen zwei Mauerwerksschichten eingebracht, so bieten sie zusätzlich den Vorteil des verschnittfreien Einbaus ohne Reststoffe. Eine recyclinggerechte Innovation für derartige kerngedämmte Außenwandkonstruktionen wäre die Absaugung des Schüttdämmstoffes durch Öffnungen im unteren Wandbereich und seine direkte Wiederverwendung für den gleichen Zweck ohne weitere Notwendigkeit der Aufbereitung.

Für die *Innen- und Außenputze* der beschriebenen Außenwände und aller Innenwände werden einerseits rein mineralische Grundstoffe ohne organische Bestandteile vorgeschlagen, d.h. Zement- oder Kalkzementputze und Verzicht auf Kunstharzputze und -spachteln sowie kunststoffhaltiger Anstriche oder Beschichtungen. Andererseits sollten auch Gipsputze oder Gipsbauteile vermieden werden, da diese vor dem Abbruch separiert werden müßten, um die Frostbeständigkeit des aufbereiteten Recycling-Baustoffes nicht zu beeinträchtigen. Für alle tragenden und aussteifenden Wände gilt, daß für den Recyclingvorgang eine weitgehende Materialhomogenität bezüglich des Brechverhaltens von Vorteil ist.

Für die *Geschoßdecken* werden Ziegel-Elementdecken, Ziegel-Einhängedecken oder Stahlbetondecken aus Halbfertigteilen mit Aufbeton (sogenannte Gitterträgerdecken) vorgeschlagen. Sie bieten verschiedene Vorteile bezüglich Abfallvermeidung und Baustoff-Recycling.

Der Bodenaufbau auf den Geschoßdecken kann auf verschiedene Weise recyclingbezogen optimiert werden. Ausgehend von dem aus Schallschutzgründen üblichen, schwimmenden Estrich müßte ein Zementestrich auf einer mineralischen, elastischen Schalldämmschicht vorgesehen werden. Von den üblichen Trittschalldämmungen (Mineralfaser oder rückfedernder Polystyrol-Hartschaum) wäre Polystyrol ein organischer Fremdstoff im Mineralstoff-Recycling und müßte durch nachgeschaltete Windsichter oder Auswaschverfahren aus dem gebrochenen Recycling-Bausstoff entfernt werden.

Mineralwolle stellt ebenfalls - obwohl von überwiegend mineralischer Stoffbeschaffenheit - einen Störstoff im Aufbereitungsprozeß dar, der die Homogenität des Endproduktes sehr negativ beeinflußt und deshalb an Recyclinganlagen üblicherweise abgelehnt wird. Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist zur Zeit kein Schalldämmstoff verfügbar, der gemeinsam ohne Separierung mit den mineralischen Baumassen aufbereitet werden kann. Deshalb ist in diesem Fall eine möglichst problemlose Schichtentrennung im Abbruchprozeß von besonderer Bedeutung. Üblicherweise werden auf den Schalldämmstoffen Estrichfolien (Polyäthylen) als Schutzabdeckung unter dem Estrich verlegt. Für den weiteren Bodenausbau stellen keramische Beläge, Natursteine oder Betonwerkstein auf dem Estrich die für ein weitgehendes Mineralstoff-Recycling optimale Variante dar. Sie brauchen vor der Aufbereitung der Rohbaumasse nicht von diesen separiert werden.

Ein marktfähiger Recyclingbaustoff ist nur über einen hohen Qualitätsanspruch erfüllbar. Dieser erfordert sortenreines Aufgabematerial. Das wiederum bedingt entweder einen selektiven Rückbau, eine Vorsortierung nach dem Abbruch oder eine Separierung während der Aufbereitung in der Recyclinganlage.

5.3 *Selektiver Rückbau und Demontage*

Zwei Anforderungen werden an den selektiven, kontrollierten Rückbau von Gebäuden gestellt: einerseits die getrennte Gewinnung von Materialien, die im Anschluß unterschiedliche Aufbereitungsschienen durchlaufen und andererseits das Aussortieren von Stoffen und Bauteilen, die für andere Stoffgruppen verwertungsbehindernde Verunreinigungen darstellen.

Grundsätze für die kontrollierte Demontage werden in der ÖNORM B 2251 dargestellt.

Die Grundanforderungen an eine allgemein recyclinggerechte Demontierbarkeit sind in der VDI-Richtlinie 2243 "Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte" anschaulich zusammengefaßt und beziehen sich auf eine Verbindungstechnik, welche nicht nur zerstörungsfrei lösbar und mehrfach wiederverwendbar ist, sondern auch einer Rationalisierung der Montage- und Demontageprozesse Rechnung trägt. Hierzu gehören z.B. die langfristig gute Zugänglichkeit für Montagewerkzeuge, die Vereinheitlichung der Verbindungsmittel (z.B. gleiche Schraubenköpfe) bis hin zur Automatisierung der Verbindungs- und Demontagevorgänge, einer Entwicklung mit eher langfristiger Zukunftsorientierung für das Bauwesen.

Erleichtert wird solche Anpaßbarkeit von Bauteilen an spätere Wiederverwendungszwecke durch Kleinteiligkeit oder Teilbarkeit zur maßlichen Anpassung, durch eine Beschränkung auf wenige Standardmaße und deren modulare Kombinierbarkeit, durch die bereits erwähnten, vereinheitlichten Verbindungs- und Anschlußelemente, durch langfristige Ergänzungsfähigkeit mit gleichen Elementen (auch für Austausch- und Reparaturmaßnahmen vorteilhaft) und nicht zuletzt durch eine modeunabhängige Gestaltung, die auch in Zukunft noch Akzeptanz findet. [BREDENBALS/WILLKOMM 1996]

Die Demontage bietet sich vor allem für Industrieobjekte an. Ein Beispiel aus Wien zeigt, daß die Demontage auch in der österreichischen Baupraxis Anwendung findet. An einer Beton-Fertigteilhalle eines Industrieobjektes im 3. Wiener Gemeindebezirk wurden beispielsweise Teile der Wände und der Decke zum Zwecke der Erweiterung rückgebaut. [LECHNER/DREIER 1995]

Deshalb sind gute Ansätze für recyclingfähige Konstruktionen dort zu finden, wo eine zerstörungsfreie Montagetechnik die Separierbarkeit bereits im Rückbauprozeß zuläßt. Dazu gehören z.B. Vorwandinstallationen mit Bauelementen (Rohren und Sanitärobjekten), die nicht in die Rohbaustruktur eingebettet sind, Wand-, Boden- und Deckenbekleidungen, die nicht vollständig verklebt sondern geschraubt sind und Fassaden, deren Schichtbauweise (Wetterschutzschale, Dämmschicht) ebenfalls auseinander geschraubt oder anstelle einer Verlegung in Mörtelbett, Kleber oder Bitumen durch lösbare Klemmverbindungen demontiert wird.

Die Realisierung eines integrierten Rückbaukonzeptes erfordert spezifisches Know-how, so daß gerade hier gute Chancen für kleinere und mittlere Unternehmen bestehen.

5.3.1 Planungsphasen für einen kontrollierten Rückbau

5.3.1.1 Prüfung Bauunterlagen, Gebäudebegehung

Für die Gebäudeanalyse erweist es sich als günstig, auf vorhandene Bau- und Planungsunterlagen (Grundrisse, Stücklisten, Gebäudebeschreibungen etc.) zurückzugreifen.

Die Art der Rückbau- und Demontagetechniken hängt dabei von dem jeweiligen Einzelfall des Abbruch-/Umbauprojektes ab. Grundsätzliche Unterschiede bei den angewandten Rückbautechniken bestehen hinsichtlich des Umfangs und des Ziels der geplanten Abbrüche. Einerseits gibt es den Teilabbruch mit dem Ziel der Sanierung und des Umbaus oder den Totalabbruch mit dem Ziel der vollständigen Entfernung, um Platz für anderweitige Verwendungs- und Nutzungsziele des Grundstücks zu schaffen.

Ein weiterer Unterschied besteht in der Nutzungsart des bestehenden alten Gebäudes (Wohnungsabbruch, Abbruch von Industrie- und Gewerbebauten). Bei den letzteren tritt je nach Art der gewerblichen Altnutzung das Problem der kontaminierten Materialien und Bauteile auf.

Die bei der Fertigbauweise verwendeten Stahlkonstruktionen und Konstruktionen aus vorgefertigten Stahlbeton- bzw. Spannbetonelementen sind für eine Montage und anschließende Remontage besonders geeignet. Solch eine Bauweise aus großflächigen, schnell montierbaren Teilen erleichtert wesentlich einen kontrollierbaren Rückbau: schnelle Montagemöglichkeit bedeutet auch gute, schnelle Demontagemöglichkeit. Ein Grundprinzip des industriellen Bauens ist u.a. die strikte Trennung von Tragkonstruktionen und Bauteilen für den Ausbau. Industrielle Bauweisen finden allerdings wegen der beschränkten individuellen Gestaltungsmöglichkeiten bis jetzt vorwiegend im Gewerbebau Anwendung. [PALINKAS/WEBER 1996]

Für die langen Nutzungszyklen des Wohnungsbaus kann jedenfalls in der Regel nicht die vollständige Demontierbarkeit des gesamten Bauwerks ein realistisches Ziel recyclingfähiger Konstruktion sein, sondern eher eine angemessene Wechselwirkung von langlebigen Rohbaustrukturen aus recyclingfähigen Materialien und ergänzenden Montagekonstruktionen aus wiederverwendbaren Bauteilen, die auch dem Ziel von Nutzungsanpassungen und -veränderungen entgegenkommen. [BREDENBALS/WILLKOMM 1996]

5.3.1.2 Annahme der Stoffarten und -mengen und Einbausituation eventuell Probennahme/Analytik

Auf der Grundlage der gewonnenen Informationen der Gebäudebegehung wird ein spezielles Beprobungs- und Analysenprogramm zur Feststellung der kontaminierten Bereich sowie des Gefährdungspotentials aufgestellt.

Bereits bei der Planung und Errichtung eines Bauwerks muß auf die spätere Entsorgung der verwendeten Baustoffe Rücksicht genommen werden. Im Idealfall sollten nur solche Stoffe zum Einsatz kommen, die unter stoffspezifischen und umweltrelevanten Gesichtspunkten nicht nur zu einer Verunreinigung der Bauabfälle führen würden bzw. die leicht abgetrennt werden können.

In der Praxis werden jedoch derzeit Baumaterialien verwendet, die teilweise überhaupt nicht zu verwerten sind oder aber späteres Recycling erschweren, wie z.B. Farb- und Schutzmittelanstriche, Kleb- und Dämmstoffe etc. Über Bauvorschriften (s. Kap. 5.4.) kann dafür Sorge getragen werden, daß konstruktive (Gestaltung, Montage, Vorfertigung), statische (geringes Gewicht) und bauphysikalische (Schall- Wärmeschutz) Aspekte der Bauwerksherstellung möglichst weitgehend mit den Belangen der Baustoffverwertung in Einklang zu bringen sind. [BILITEWSKI 1993]

5.3.1.3 Festlegung von Ausbau- und Abbruchtechniken Arbeitssicherheitsanforderungen

Die Demontage ist ein kontrolliertes Verfahren des Total- oder Teilabbruchs von Gebäuden oder Bauwerksteilen und Bauelementen zum Zwecke des systematischen Ab- oder Rückbaus bzw. der Beseitigung dieser mit Hilfe von Hebezeugen bzw. -anlagen.

Die Bauelemente sind vor dem Trennen und Lösen gegen Herabfallen oder Ab- bzw. Umkippen zu sichern, damit ihre Form und Funktionsfähigkeit nach dem Lösen der Verbindungen erhalten bleibt. Im Prinzip ist die Demontage der umgekehrte Vorgang der Montage unter Beachtung technisch-technologischer und sicherheitstechnischer Besonderheiten. Grundsätzlich hat eine Demontage so zu erfolgen, daß die verbleibende Konstruktion stets statisch sicher ist. Sie kann element- oder gruppenweise durchgeführt werden. [METTKE 1995]

In Ergänzung zu den gebräuchlichen Verfahrensweisen des Abtragens und Abgreifens müssen im Falle des Abbruchs kontaminierter Bauwerke besondere Erfordernisse beachtet werden. Oberstes Prinzip ist die Verhinderung des weiteren Ausbreitens von Kontaminationen in Verbindung mit der größtmöglichen Trennung kontaminierter und geringer kontaminierter Bauschuttmassen und dem Bemühen, die Staubentwicklung zu minimieren. Diesem Prinzip wird der kontrollierte Rückbau gerecht.

5.3.1.4 Festlegung der Verwertungs- und Entsorgungssituation

Bedingt durch die hohe Qualität der beim Rückbau sortenrein gewonnenen Materialien wird die Aufbereitungsqualität des Bauschutts verbessert. Schad- und Störstoffe können gezielt von verwertbaren Bestandteilen getrennt werden.

Bei der Verwertung wird angestrebt, möglichst viele Bauteile einer direkten Wiederverwendung zuzuführen. Gemäß der Prioritätenreihenfolge Verwendung vor Verwertung vor Entsorgung wird im Zuge der Gebäudebegehung sämtliche zu demontierenden Bauteile in die Verwertungsarten "Wieder-/Weiterverwendung", "stoffliche Verwertung" und "keine Verwertung/Entsorgung" eingeteilt. Anschließend werden regionalspezifische Verwertungsoptionen ermittelt.

Auf diese Weise lassen sich die Verwertungswege für sämtliche Bauteile und Baustoffe im Vorfeld einplanen und später zurückverfolgen⁴.

5.3.1.5 Kosten - Nutzen - Vergleich

Im Zuge der Erstellung eines Verwertungskonzeptes vor Beginn der Abbrucharbeiten wird jedenfalls zu prüfen sein, in welcher Höhe die voraussichtlichen Entsorgungskosten im Falle der Verwertung verglichen mit einer Deponierung liegen.

Kostenanteil	Personal	Geräte und Treibstoff	Deponie oder Aufbereitung	Gesamt	
Knecht, 1993					
Selektiver Abbau	157,7	78,8	71,4	307,9	öS/m ³ UR
Totalabbruch	49,3	78,8	261,1	389,2	öS/m ³ UR
BMfUJF, 1994		a)			
Selektiver Abbau	32,21	22,24	28,51	82,96	öS/m ³ UR
Totalabbruch	3,46	17,3	63,09	83,83	öS/m ³ UR

UR = umbauter Raum

a) inklusive Transportkosten

Tab. 6: Selektiver Abbau versus Totalabbruch - Kostenvergleich [KNECHT 1993/ BMUJF 1994 in LECHNER/DREIER 1995]

⁴ Schultmann F./ Rentz O., Abriß mit System in: Müllmagazin 2/1997, S. 15-20

Knecht gibt für ein innerstädtisches Objekt mit einem umbauten Raum von 3.450m³ einen Vergleich der Abbruch- und Entsorgungskosten an. Er weist darauf hin, daß es in der Schweiz vielfach bereits keine Deponierungsmöglichkeiten mehr für vermischte Baurestmassen bestehen. Auch ein Kostenvergleich Abbruch versus selektiver Abbau für ein Objekt in freistehender Lage in Österreich zeigt einen leichten ökonomischen Vorteil des Rückbaus gegenüber dem Abbruch. [LECHNER/DREIER 1995]

In einem Interview bestätigt Car (ÖBRV), daß der überwiegende Teil von Hochbaurestmassen wegen extrem niedriger Deponiegebühren (teilweise öS 100,- je Mg gemischter Bauschutt) direkt auf Deponien landet und nicht in der Aufbereitung. Von den gesamten 2,5 Mio. Mg, die im Rahmen des ÖBRV österreichweit aufbereitet werden, sind lediglich 32% (ca. 800.000 Mg) gemischter Bauschutt, der überwiegend aus dem Hochbaubereich stammt.

Ein kontrollierter Rückbau bzw. eine Demontage sichert die höchste Qualität der Recyclingmaterialien, weil ein großer Teil der Bauelemente erhalten bleibt und außerdem schadstoffverunreinigte von unbelasteten Materialien getrennt erfaßt werden können. Mit einem klassischen Abbruch dagegen, der mit der Zerstörung der Bausubstanz verbunden ist, können solche Qualitäten nicht erzielt werden.

Zwar ist nach dem Abbruch noch eine stoffliche Sortierung nach mineralischen und nicht mineralischen Anteilen möglich, aber die Sortierung eines heterogen zusammengesetzten Bauschutts gestaltet sich schwieriger. Die Separierung im Zuge der Aufbereitung in Recyclinganlagen läßt keine Trennung nach den Stoffen zu, sondern nur noch nach stofflichen Eigenschaften (z.B. Korngröße, Dichte). [METTKE 1995]

5.3.1.6 Demontageplan

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Gebäude-Istanalyse ist ein Demontage-/ Abbruchplan zu entwickeln, der folgende wesentliche Komponenten erfaßt:

Schritte zur Eliminierung kontaminierter Materialien/Bauteile, so daß die wiederverwertbaren, hochwertigen Teile keine Qualitätseinbußen durch ihre Vermengung mit kontaminierten Materialien erleiden.

Der Demontageplan als Grundlage für die praktische Arbeit muß alle einzelnen Demontagegruppen einzeln detailliert aufgelistet enthalten. Je nach Größe des Gebäudes kann der Umfang mehrere hundert Positionen umfassen. Jede einzelne Demontagegruppe ist dabei wiederum zu unterteilen nach den einzelnen Bauteilen, Bauelementen mit einer Beschreibung der Demontagearbeitsgänge.

DEMONTAGESTUFE D1 Lagerung	Direkte Wiederverwendung: Geräte der technischen Zentralen Fördertechnik, Armaturen und Objekte Heizkörper und Rohrleitungen mobile Trennwände, abgehängte Decken
DEMONTAGESTUFE D2 Lagerung, Vorbehandlung	Wiederverwendung nach Vorbehandlung: Rohrleitungen und Rohrregister Elektrokabel und Kabelkanäle Türen, Fenster und Rolläden
DEMONTAGESTUFE D3 Sortierung Lagerung	Wiederverwendung durch Rückführung in die Grundsubstanz: Bodenbeläge und Wandverkleidungen, Beschläge, Metallbau, Glas- und Holzmaterialien
DEMONTAGESTUFE D4 Sortierung Lagerung	Dach- und Fassadenkonstruktion: Kieselschüttungen und Dämmmaterial, Dachziegel und Dachstuhl, Fenster- und Fassadenelemente
ABBRUCHARBEITEN Transport	Rohbau/ Tragkonstruktion: Mauerwerk, Beton und Stahlbeton, Fertigelemente
AUFBEREITUNG	

Tab. 7: Ideale Ablaufstruktur der Demontage- und Abbrucharbeiten [nach PETZSCHMANN in PALINKAS/WEBER 1997]

Remontage oder auch Wiedermontage bedeutet die teilweise oder vollständige Montage von Bauwerken oder Bauwerksteilen aus gebrauchten, durch Demontage zurückgewonnenen und wiederverwendungsfähigen Bauelementen. Eine Kombination von wiederverwendbaren Bauelementen mit neuen, die aus primären Rohstoffen oder aus Recyclingmaterialien hergestellt wurden sowie mit monolithischen Konstruktionen ist möglich. [METTKE 1995]

Die direkte Wiederverwendung von Bauelementen und Bauwerksteilen ist ein besonders aussichtsreicher Marktbereich. Dies nahm die Stadt Wien im März 1997 zum Anlaß eine Internet - Bauschuttbörse anzubieten.

Demontagehindernisse werden von allen nicht lösbaren Materialverbindungen verursacht. Beispiele sind Installationen, die im Ortbeton eingegossen sind, sowie vollflächig verklebte Bodenbeläge (außer bei Anwendung lösbarer Kleber) und Hohlraum ausschäumungen im technischen Ausbau. Außerdem kommen nicht lösbare Materialverbindungen bei den meisten Wärmedämm-Verbundsystemen vor, aber auch bei Fenster- und Türmontagesystemen.

5.3.2 Schritte in Richtung optimales Bauteil-Recycling

Im folgenden werden wie im Punkt 2.2.1 Baustoffe, -materialien und -weisen betrachtet, die in Richtung optimales Bauteilrecycling führen [nach BREDENBALS/WILLKOMM 1996]:

Die folgende recyclinggerechte Beispielkonstruktion soll unter dem Aspekt einer konsequenten und sehr weitreichenden Wiederverwendung von Bauteilen beschrieben werden:

Fundamente: Wesentliche Veränderungen gegenüber herkömmlicher Bauweisen sind hierfür zunächst im Bereich der Gründung und des Kellers erforderlich. Zwar existieren vorgefertigte Konstruktionen für Fundamente und Kellersohle und -wände, jedoch erlaubt deren übliche Verbindungstechnik (kraftschlüssiger Betonverguß) keine zerstörungsfreie Demontage. Hierzu sind Neu- und Weiterentwicklungen erforderlich wie z.B. Stahlbeton-Fertigteile als balkenförmige Streifenfundamentelemente mit Stoßfugenverzahnung und verschraubten Flachstahl-Zugbändern.

Erdberührte Bauteile: Hierzu ist eine Weiterentwicklung vorhandener Fertiggeller-Systeme (Boden- und Wandelemente aus Stahlbeton mit demontierbaren Kantenverbindungen) erforderlich.

Ein besonderes Problemfeld recyclingfähiger Montagebauteile im Bereich des Kellers stellt die Abdichtung dar. Hier läge jedenfalls ein echter Innovationsbedarf vor, nicht nur für die Abdichtung demontierbarer Bauteile im Erdreich sondern insgesamt für die Suche nach Alternativen zur üblichen Bitumenbeschichtung. Eine Möglichkeit wäre eine Abdichtung aus spritz- oder gießbarer Gummiemulsion auf Altgummi-Basis, die später restfrei vom Beton ablösbar ist. Für die Außendämmung der erdberührten, abzudichtenden Bauteile werden wasserunempfindliche Schaumglas-Platten in lösbarer, klebefreier Verlegung vorgeschlagen.

Der Anspruch des Bauteil-Recyclings für diese Bauteile erfordert jedoch einen hohen Aufwand und ist mit heutigen technischen Mitteln noch nicht vollständig erfüllbar.

Außenwände: Vorgeschlagen werden Blockelemente aus Kalksandstein oder Betonstein (Dimensionierung analog zu vorhandenem Mauerwerk aus großformatigen Blöcken wie bei Porenbeton) mit lösbarer Fugenverzahnung und integrierten Stahlverbindungselementen (auch verschraubte Ringanker). Hierzu sind Neu- bzw. Weiterentwicklungen erforderlich. Das optimale Außendämmungssystem sind wiederum unverklebte Schaumglasplatten. Im Bereich der Fassade kann die recyclinggerechte Konstruktion bereits als gelöst angesehen werden. Als optimal gilt eine Montagefassade mit kleinteiligen Tonziegelplatten, da nicht nur die Bauteile sondern zu einem späteren Zeitpunkt auch der Baustoff problemlos recyclingfähig ist.

Innenwände: Hierzu sind umfangreiche Neuentwicklungen der Verbindungstechnik, der lösbaren Fugenabdeckung und lösbarer Tapeten auf entsprechend glatten Bauteiloberflächen notwendig. Möglichkeiten wären raumhohe Ziegelemente mit Stoßfugenverzahnung und einer demontierbarer Befestigung in Boden- und Deckenschienen. Die als Alternative vorhandenen Systeme vorgefertigter, umsetzbarer Montagewände erfüllen zwar auch das Kriterium des Bauteil-Recycling, ihre Zerlegung in recyclingfähige Grundstoffe befindet sich aber noch im Entwicklungsstadium. Installationen sind als elementierte Vorwandinstallationen (Blöcke, Register) ausführbar und bedürfen nur relativ geringfügiger Modifikationen für demontagefähige Verbindungen.

Bodenaufbau: Elastische und textile Bodenbeläge mit lösbaren Klebern oder verschraubte Holzbeläge auf verschraubten Trockenestrichplatten (als schwimmender Estrich auf Bautenschutzmatte aus Altgummi)

Insgesamt wird deutlich, daß bei einer Beispielskonstruktion für optimales Bauteil-Recycling erhebliche Innovationen vor allem im Bereich der demontierbaren Verbindungstechnik für Massivbauteile notwendig werden. Außerdem müßten Organisationssysteme für die Rückgabe und die Aufbereitung gebrauchter Bauprodukte aufgebaut werden (Sammelstellen).

Das pragmatische Grundprinzip einer recyclinggerechten Kombination der Kapitel 2.2.1 und 2.3.2 basiert auf sehr langlebigen Bauteilen aus später gemeinsam aufbereitungsfähigen, mineralischen Baustoffen, vorwiegend im sogenannten Rohbau, besser als Primärstruktur bezeichnet. Die kurzlebigeren und veränderbaren Bauteile im sogenannten Ausbau, besser als Sekundärstruktur bezeichnet, werden dabei als demontierbare nach Aufbereitung und Austausch der Verschleißteile oder -oberflächen wiederverwendbare Elemente konzipiert.

Der Schritt zu wirklich recyclinggerechten Konstruktionen für eine langfristige Zukunft des abfallarmen Bauens mit intelligenten Materialkreisläufen muß aber immer im Detail vollzogen werden.

Hierfür fehlen bisher die konkreten Handlungshilfen, die klare Hinweise geben, was auf der Basis der jetzt vorhandenen Techniken bereits heute eine recyclinggerechte Konstruktion ist und wo Weiterentwicklungen in welcher Richtung nötig sind.

5.4 Weiterentwicklung der Wiener Bauvorschriften und der Wiener Bauordnung

Als wesentliche Erkenntnis der Recherche läßt sich der Wunsch nach Weiterentwicklung der Wiener Bauordnung ableiten. Dies vor allem in zwei Bereichen:

- In den Zulassungsverfahren für Baumaterialien und Bauweisen (MA 35, MA 37 und MA 39 in Zusammenarbeit mit MA 22 und MA 48) und
- in der Wiederaufnahme von verbesserten Abbruchbescheiden (MA 35 und MA 37).

5.4.1 Zulassung von Baumaterialien und Bauweisen

Bei der Bewertung und Zulassung von Bauarten und Bauweisen für kommunale Bauten, als auch in den Regelungen für die fachliche Ausführung von privaten Bauten sollten in Zukunft die obig genannten Dienststellen noch stärker kooperieren, um die Aspekte der bautechnischen Erfordernisse, bauökologischer Erkenntnisse und entsorgungstechnischer Anforderungen (Verwertbarkeit, Ablagerungsfähigkeit) besser aufeinander abzustimmen. Eine einseitige Optimierung entspricht nicht mehr den Anforderungen an modernes Bauen.

5.4.2 Wiederaufnahme von verbesserten Abbruchbescheiden

Wie bereits in Kapitel 1.3. erwähnt kam es im September 1996 zu einer gravierenden Änderung der Wiener Bauordnung, die dazu führte, daß die bisher erforderlichen Abbruchgenehmigungen unter dem Schlagwort der Deregulierung ersatzlos gestrichen wurden, und seit damals lediglich vom Abbruchwerber 3 Tage vor Beginn der Abbruchtätigkeit diese angezeigt werden muß. Diese führte einerseits zum Verlust von statistischem Material (die Abbrüche werden seither von

der MA 37 nicht mehr aggregiert erfaßt) und andererseits beraubte sich die Stadt Wien damit eines sehr wirksamen Instrumentariums, die Abbruchtätigkeit kontrollieren zu können, bzw. ökologische Vorgaben für Abbrüche umzusetzen.

Daher wird als eine wesentliche Forderung von seiten der ökologischen Vorsorge und der nachhaltigen Bewirtschaftung der Stadtreourcen die Wiedereinführung der Abbruchbescheide in der Wiener Bauordnung genannt. Diese neuen Abbruchbescheide sollten nach Meinung der AutorInnen enthalten:

- Prüfung der Notwendigkeit des Abbruchs (Nullvariante, ähnlich UVP Gesetz)
- Vorschreibung von Demontageplänen
- Vorschreibung zur getrennten Erfassung der Baustoffe und Förderung der Verwertung auf energetisch hohem Niveau (Bauteilverwertung vor Baustoffverwertung)
- Verpflichtung zu ökologisch günstiger Entsorgung (ev. Materialienplan aufgrund der Errichtungspläne)

Mit Umsetzung dieser Maßnahmen kann von Seite der Stadt wieder besser Einfluß auf die nachhaltige Bewirtschaftung der Ressourcen, insbesondere der Baurestmassen genommen werden.

6

Zusammenfassung

Die MA 48 beauftragte das Österreichische Ökologie-Institut mit der Bearbeitung des Problemkreises der Hochbaurestmassen. In der vorliegenden Arbeit ging es darum, die zukünftig auftretenden Probleme der Entsorgung von Hochbaurestmassen zu untersuchen. Der Leitgedanke dabei war, daß durch zunehmend komplexe Bauarten und -weisen der Abbruch aus entsorgungstechnischer Sicht immer komplizierter bzw. das Ablagerungsverhalten der Schuttmaterialien immer ungünstiger wird. Aus Sicht des präventiven Umweltschutzes (Nachhaltigkeit von Umweltschutzmaßnahmen) ist es daher wichtig, dieses noch wenig beachtete Gebiet zu thematisieren, die Probleme zu benennen und Strategien zur zukünftigen Lösung aufzuzeigen.

Dabei wurden zunächst die rechtlichen Grundlagen der Baustellenentsorgung und der Verwertung bzw. Deponierung dargestellt.

In einem zweiten Schritt wurden die einzelnen Baustoffe und -materialien in ihrer chemischen Beschaffenheit beschrieben und dabei den Aspekten der Wiederverwendung, Verwertbarkeit und der Deponiefähigkeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Auch auf die Entsorgungsaspekte spezieller Bauweisen wurde dabei eingegangen.

Anschließend wurde versucht, wienspezifisches Datenmaterial zusammenzustellen, wobei rasch klar wurde, daß eine einheitliche Erfassung von Bauweisen und -materialien (etwa über den Weg der zentralen Erfassung von Baugenehmigungen) nicht existiert. Lediglich im Bereich der städtischen Wohnhäuser wurde eine annähernd konsistente Datenreihe gefunden und ihr Inhalt - soweit möglich - dargestellt.

In einem weiteren Kapitel werden die derzeitigen Trends im Hochbau unter dem Aspekt der Bauschuttentwicklung dargestellt. Dabei ist zu bemerken, daß viele der gegenwärtigen Trends den Anforderungen an quantitative und qualitative Vermeidung eher entgegenwirken. Als positive Entwicklung wurde der Umweltqualitätswettbewerb im geförderten Wohnbau der Stadt Wien aufgezeigt.

Im Empfehlungsteil werden die anzustrebenden Maßnahmen für ein planvolles Wiederverwenden, Weiterverwenden und Verwerten bzw. Entsorgen von Hochbauten zusammengestellt. Diese reichen von Konservierung und multifunktionelle Gestaltung von Gebäuden, über selektiven Rückbau und Demontage bis zu Empfehlung zur Anpassung der Wiener Bauvorschriften und der Wiener Bauordnung. Im letzteren Bereich wird an die Möglichkeiten der amtlichen Zulassung von Baumaterialien und Bauweisen im Bereich des kommunalen Bauens und an die Wiederaufnahme der erst kürzlich gestrichenen Abbruchbescheide in verbesserter Form im Rahmen der Wiener Bauordnung verwiesen.

Durch das Zusammenspiel von Genehmigungsbehörden, Bauträgern, Architekten und den mit der Entsorgung konfrontierten Stellen könnte zukünftig der Anteil des anfallenden Bauschutts deutlich verringert, bzw. eine problemlose Entsorgung sichergestellt werden.

7 Literatur

Abbrucharbeiten: Werkvertragsnorm, ÖNORM B 2251

Abfallwirtschaftsgesetz des Bundes: BGBl. 325/1990 i.d.g.F.

Altlastensanierungsgesetz: (AlSaG), BGBl. 259/1991 i.d.g.F.

ANDRÄ, H.-P./SCHNEIDER, R./WICKBOLD, T.: Baustoffrecycling, ecomed, Landsberg 1994

BAUSTOFF RECYCLING VERBAND: Richtlinie für Recycling-Baustoffe, Wien, Juli 1993

BAUSTOFF RECYCLING VERBAND: Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen, Wien, Mai 1995

BAUSTOFF RECYCLING VERBAND: Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen, Wien, Juni 1996

BILITEWSKI, B.: (Hrsg.), Recycling von Baureststoffen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin 1993

BMUJF: Materialflußrechnung Österreich, Schriftenreihe des BMUJF, Band 2/96

BOISITS, R.: Dämmstoffe auf dem ökologischen Prüfstand, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Wien 1991

BREDENBALS, B./ WILLKOMM, W.: Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude Bauforschung für die Praxis , Band 22, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1996

Bundesabfallwirtschaftsplan 1995: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien 1995

CAR, M.: Österreich: Recycling hat guten Stellenwert am Bau, in: Österreichische Bauzeitung, 6/1997

DREES, G.: Recycling von Baustoffen im Hochbau, Bauverlag, Berlin 1989

FELLINGER, R.: (Hrsg.), PVC-Verzicht, Tagungsdokumentation, Wien 1994

FELLINGER, R./BAUMERT, P./LITTMANN, M.: Arbeitsunterlagen zum kommunalen PVC-Verzicht, Österreichisches Ökologie-Institut, Wien 1993

GEWIESE, A./ GLADNITZ-FUNK, I./ SCHENK, B.: Recycling von Baureststoffen, expert verlag, Renningen-Malmsheim 1994

HEIMERL, P./MAYDL, P./STIERLE, M.: Aktion abfallarmes Bauen: anonymisierter Endbericht, Technische Universität, Wien 1996

JANSSEN, I./FELLINGER, R.: Ökobilanz Citronensäuregips, in: ECO-INFORMA 94, Fachtagung, Wien 1994

JANSSEN, I./FELLINGER, R.: Ökobilanz Citronensäuregips, Öko-Consult, Wien 1994

KATALYSE GmbH: Das recycling-fähige Haus, Köln 1993

KNOBLAUCH, H.: (Hrsg.), Baustoffkenntnis, Werner Verlag, Düsseldorf 1987

KOHLER, G.: (Hrsg.) Recyclingpraxis Baustoffe, Verlag TUV, Rheinland, Köln 1994

KORAB, R.: Begriffe und Systematik in: Nachhaltiges Bauen und Wohnen, Wohnwirtschaftliche Tagung, Wien 1996

LBB: Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW (Hrsg.), Umweltbewußte Bauteil- und Baustoffauswahl, Aachen 1993

LBB: Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW (Hrsg.), Baustoffe unter ökologischen Gesichtspunkten, Aachen 1993

LECHNER, P./DREIER, P.: Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.), Wien 1991

LECHNER, P./DREIER, P.: Baurestmassen: Vermeidung, Verwertung, Behandlung; Umweltbundesamt (Hrsg), Klagenfurt/Wien 1995

MAYDL, P, Verwertungsmöglichkeiten für Hochbaurestmassen, Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.), Schriftenreihe der Sektion V, Band 13, Wien 1994

METTKE, A., Wiederverwendung von Bauelementen des Fertigteilbaus, Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein 1995

ÖKO-TEST: Ratgeber Bauen und Renovieren, Rowohlt, Reinbek 1993

OBERNOSTERER, R./BRUNNER, P.H.: Baurestmassen als zukünftige Hauptquelle für FCKW in der Abfallwirtschaft, in: Müll und Abfall 2/1997, S89 - 95

PALINKAS, T./WEBER, J.: Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen, UZD-Verlag, Dortmund 1996

SCHULTMANN, F./RENTZ, O., Abriß mit System, in: Müllmagazin 2/1997, S15 - 20

Umweltberatung Österreich, Dämmstoffe, Wien 1995

Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft: Beihefte zu Müll und Abfall, Nr. 30, Schmidt-Verlag, Berlin 1995

Verordnung über die Ablagerung von Abfällen: Deponieverordnung , BGBl. 164/1996

Verordnung über die Trennung von bei Beutätigkeiten anfallenden Materialien: Baurestmassentrennungsverordnung, BGBl. 259/1991

WALTJEN, T.: (Hrsg.), Beton, Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Wien 1995

Wiener Abfallwirtschaftskonzept 1995, Schriftenreihe der Magistratsabteilung 48, Band IX, Wien 1996