

Peter Lechner
Patrizia Dreier
et al.

Reports

UBA-95-110

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Klagenfurt/Wien, August 1995

Bundesministerium für Umwelt



Projektleitung: o.Univ.-Prof. Dr. Peter Lechner
Dipl.-Ing. Dr. Patrizia Dreier (Umweltbundesamt)

Sachbearbeiter:

- SN 17202 Bau- und Abbruchholz:
Dipl.-Ing. E. Binner
- SN 31409 Bauschutt:
Dipl.-Ing. T. Lahner, Mag. P. Mostbauer
- SN 31410 Straßenaufbruch:
Mag. P. Mostbauer
- SN 31411 Bodenaushub:
Dipl.-Ing. W. Stark
- SN 31427 Betonabbruch:
Dipl.-Ing. T. Lahner, Mag. P. Mostbauer
- SN 31437 Asbestabfälle, Asbeststäube:
Mag. P. Mostbauer
- SN 31441 Chemisch verunreinigter Bauschutt:
Mag. P. Mostbauer, Dipl.-Ing. Dr. E. Schachermayer
- SN 91206 Baustellenabfälle:
Dipl.-Ing. T. Lahner

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5
Druck: Riegelnik, 1080 Wien.

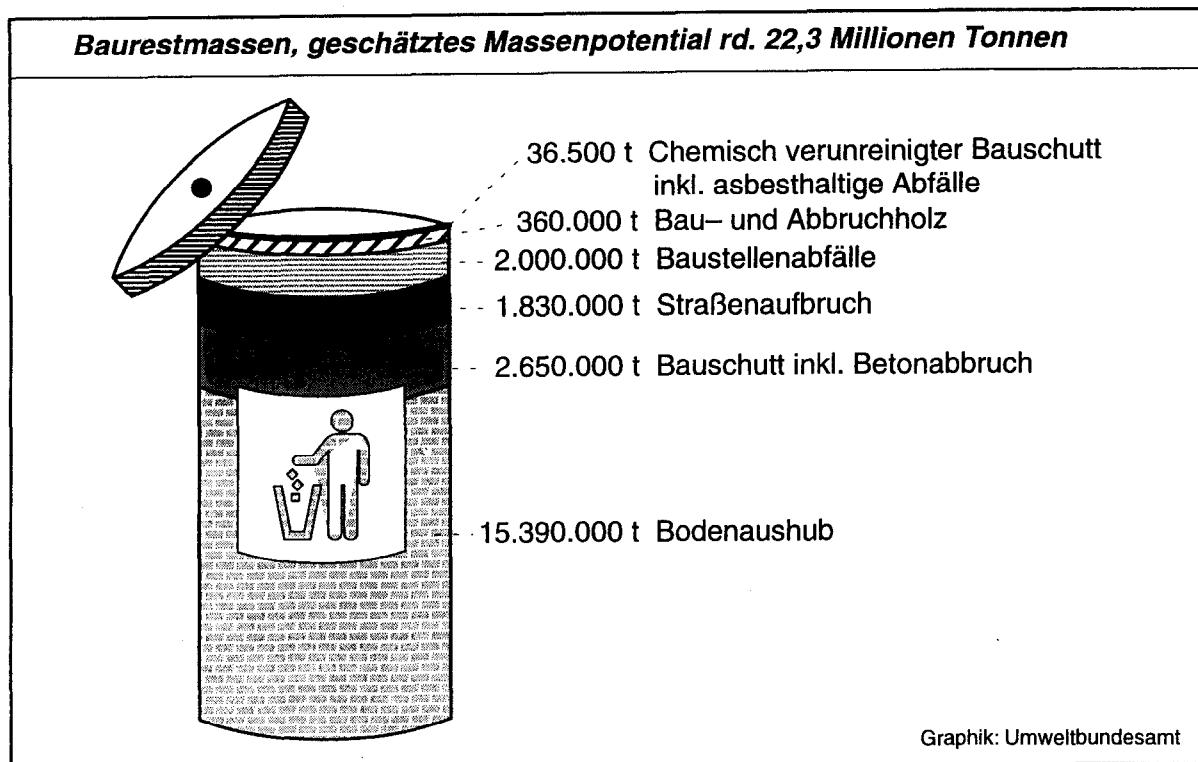
© Umweltbundesamt, Klagenfurt/Wien, August 1995
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-214-X

Baurestmassen – Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Report UBA-95-110 – Zusammenfassung

1. PROBLEMSTELLUNG

Baurestmassen machen einen Anteil von über 50 % am geschätzten Gesamtabfallaufkommen in Österreich aus. Die Umsetzung von Vermeidungs- und Verwertungskonzepten hat daher in diesem Bereich einen entscheidenden Einfluß auf das abfallwirtschaftliche Geschehen.



Zu den Baurestmassen werden folgende Abfallarten gezählt:

- o Bau- und Abbruchholz
- o Bauschutt
- o Straßenaufbruch
- o Bodenaushub
- o Betonabbruch
- o asbesthaltige Abfälle
- o chemisch verunreinigter Bauschutt
- o Baustellenabfälle

Die vorliegende Studie gibt nun Auskunft über Eigenschaften, Umweltrelevanz und den heutigen Stand der Vermeidung, Verwertung und Behandlung dieser Abfälle.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Studie ist dem Aufzeigen von Vermeidungs- und Verwertungsmöglichkeiten gewidmet. Unter Bedachtnahme auf die Ziele einer zukunftsorientierten und umweltgerechten Abfallwirtschaft werden die zur Erreichung dieser Ziele erforderlichen Maßnahmen genannt und Empfehlungen für deren praktische Umsetzung abgegeben.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Die Fachsprache hinsichtlich der Massenabfälle aus dem Baugewerbe ist durch eine Vielzahl von Begriffen zur Qualifizierung der unterschiedlichen Materialien geprägt. Diese Begriffsvielfalt kann jedoch auf wenige Fachausdrücke reduziert werden, die nachstehend erläutert werden und um Mißverständnisse zu vermeiden, auch konsequent verwendet werden sollten.

Bodenaushub

Unter Bodenaushub werden alle bei Aushubtätigkeiten anfallenden Restmassen ohne hydraulische und bituminöse Bindung verstanden. Bodenaushub fällt bei fast allen Bautätigkeiten, vor allem aber im Tiefbau, an und bildet mengenmäßig den größten Anteil an den Baurestmassen.

Die Zusammensetzung variiert sehr stark in Abhängigkeit von den örtlichen geologischen Gegebenheiten und von der Art der Baumaßnahme. So können beispielsweise Kies, Sand, Schluff, Ton, Lehm oder verschiedene Festgesteine anfallen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um natürliche Vorkommen handelt oder ob das aus natürlichen Vorkommen stammende Material durch Bautätigkeit an diese Stelle gebracht wurde.

Straßenaufbruch

Straßenaufbruch fällt bei Bautätigkeiten an Verkehrsflächen an. Als Verursacher tritt nicht nur der Straßenbau, sondern auch der Versorgungsbau (Rohr- und Kabelverlegung) auf.

Straßenaufbruch setzt sich in Abhängigkeit vom eingesetzten Material für die Deck-, Binder- und Tragschicht von Fahrbahnen bzw. der Art der Fahrbahnbefestigung aus

- hydraulisch gebundenen Stoffen (Beton)
- bituminös gebundenen Stoffen (Asphalt) und
- ungebundenen Stoffen (Schüttgut)

zusammen.

Bauschutt

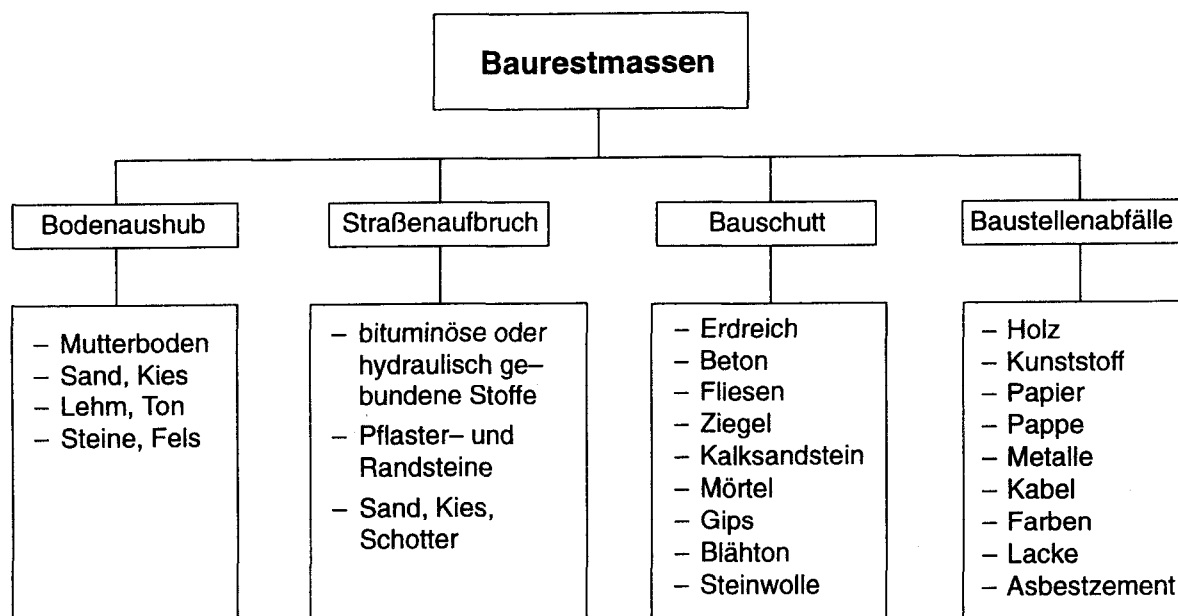
Bauschutt sind sämtliche mineralischen Stoffe, die beim teilweisen oder vollständigen Abbruch von Bauwerken anfallen. Die stoffliche Zusammensetzung von Bauschutt ist heterogen, er kann Bestandteile wie Beton, Mörtel, Natursteine, Ziegel, Fliesen, Sand, Kalkstein oder Gips enthalten.

Die Zusammensetzung schwankt entsprechend der jeweiligen Bauweise erheblich. Alter des Bauwerks, Einsatzzweck und Bautechnik bedingen sehr unterschiedlichen Bauschutt.

Baustellenabfälle

Unter dem Begriff "Baustellenabfälle" werden alle Rückstände zusammengefaßt, die beim Neubau, Ausbau oder bei Sanierungen von Bauwerken anfallen. Dabei handelt es sich in der Regel um ein Gemisch aus den unterschiedlichsten Stoffgruppen, wie Kunststoffe, Papier, Pappe, Holz und Metalle. Typische Bestandteile in den Baustellenabfällen sind beispielsweise Baustoffverpackungen, Bau- und Abbruchholz, diverse Materialverschnitte, Leergebinde, hausmüllähnliche Abfälle, Bauschutt, Folien und Formteile aus Kunststoff, Draht, Bleche, Rohre, etc.

Gefährliche Abfälle und Altöle dürfen nicht mit Baustellenabfällen vermischt werden, sondern müssen getrennt erfaßt und einer ordnungsgemäßen Behandlung zugeführt werden.



3. GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Die mit 1.1.1993 in Österreich in Kraft getretene "Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien" (TrennVO, BGBl. Nr. 259/1991) schreibt in Abhängigkeit von bestimmten Mengenschwellen eine Trennung in die unten angeführten Stoffgruppen vor. Diese Trennung kann baustellenseitig oder in entsprechenden Anlagen durchgeführt werden.

Stoffgruppen und Mengenschwellen gemäß Trennverordnung (BGBl. Nr. 259/1991)			
Stoffgruppe	Mengenschwelle in Tonnen	Stoffgruppe	Mengenschwelle in Tonnen
Bodenaushub	20	Metallabfälle	2
Betonabbruch	20	Kunststoffabfälle	2
Asphaltaufbruch	5	Baustellenabfälle	10
Holzabfälle	5	Mineralischer Bauschutt	40
Anm.: Gefährliche Abfälle sind ohne Mengenschwelle auf jeden Fall zu trennen; Verpackungsabfälle aufgrund der Verpackungsverordnung (BGBl. Nr. 645/1992) durch Sammelsystem oder Verwertungsnachweis			

4. MASSENANGABEN

Schätzungen für den Bundes–Abfallwirtschaftsplan 1995 zufolge kann das Massenpotential für Baurestmassen mit knapp 22 Mio t/a beziffert werden. Diese Stoffgruppe umfaßt somit rd. 56 % des für Österreich geschätzten Gesamtabfallaufkommens von rd. 39 Mio t/a.

SN	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	BAWP 1995
17202	Bau– und Abbruchholz	360.000
31409	Bauschutt (keine Baustellenabfälle)	2.650.000
31410	Straßenaufbruch	1.830.000
31411	Bodenaushub	15.390.000
31412	Asbestzement	35.000
31413	Asbestzementstäube	5
31427	Betonabbruch (in SN 31409 enthalten)	–
31437	Asbestabfälle, Asbeststäube	500
31441	Chemisch verunreinigter Bauschutt	1.000
91206	Baustellenabfälle (kein Bauschutt)	2.000.000
	Summe in t/a (gerundet)	22,3 Mio

Die angegebene Masse zur Schlüsselnummer 31411 "Bodenaushub" stellt einen Mittelwert aus in unterschiedlichen Datenquellen angegebenen Schätzungen dar, die zwischen 10 und 20 Mio t/a liegen. Das geschätzte Aufkommen von rd. 15 Mio t/a beinhaltet nur den auf Deponien verbrachten Anteil. Jene Masse, die vor Ort für Verfüllungen, Anschüttungen, etc. verwendet wird, ist nicht enthalten. Weiters ist anzumerken, daß Massenangaben zu diesem Abfall aufgrund der Größenordnung einen entscheidenden Einfluß auf die Gesamtmasse haben.

5. VERMEIDUNG UND VERWERTUNG

Im Bereich der Baurestmassen können folgende Maßnahmen zur Abfallvermeidung genannt werden, die Auswirkungen sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht aufweisen:

- o Berücksichtigung abfallvermeidender Maßnahmen bereits bei der Planung von Bauvorhaben, z.B. Massenausgleich zur Verringerung des Anfalls von Bodenaushub
- o Verlängerung der Nutzungsdauer von Bauwerken und Bauteilen durch Ertüchtigung bzw. Wiederverwendung
- o Verringerung des Verkehrsaufkommens und/oder der Achslasten wirken dem ständig steigenden Erneuerungsbedarf von Verkehrsflächen entgegen
- o Verlängerung der Haltbarkeit von Straßenbelägen und Straßenbauweisen durch
 - Anwendung widerstandsfähiger Deckschichten
 - Verstärkung der gebundenen Straßenbefestigung
 - Entwicklung neuer langzeitbeständiger Baustoffe und Baukonstruktionen im Straßenbau
 - Vermeidung korrosiver Einflüsse
 - Weiterentwicklung und Förderung grabenloser, unterirdischer Methoden zur Errichtung, Reparatur und Wartung von Versorgungsleitungen, Abwasserrohren, etc.
- o Verlängerung der Haltbarkeit von Betonbauteilen durch entsprechende Konstruktion, Oberflächenbehandlung und Korrosionsschutz

- o Überprüfung der technologischen Möglichkeiten des Ersatzes von Asbest im Hinblick auf ein vollständiges Asbestverbot
- o Einschränkung der Anwendung besonders toxischer und biologisch resistenter Stoffe im Hinblick auf die Kontamination von Anlagen bei Störfällen und von Böden bei Transportunfällen
- o Überprüfung der Toxizität und Abbaubarkeit von Bauhilfsstoffen bereits bei der Zulassung
- o Verminderung des Einsatzes von chemischen Brandschutzmitteln und Fungiziden durch konstruktive Maßnahmen

Für die zielführende Verwertung der nicht vermeidbaren Baurestmassen ist deren getrennte Erfassung erforderlich. Die seit 1. Jänner 1993 gültige Baurestmassentrennverordnung (BGBl. Nr. 259/1991) schreibt in Abhängigkeit von bestimmten Mengenschwellen die getrennte Erfassung und Verwertung der anfallenden Stoffgruppen vor. Durch diese Verpflichtung sollen folgende Ziele erreicht werden:

- o Verwertung von sortenreinen Baumaterialien als Sekundärrohstoff und/oder als Füllmaterial
- o Reduktion der abzulagernden Reststoffe und damit geringerer Verbrauch von Deponievolu-men
- o Minimierung der Kosten durch geringere Massen an letztendlich abzulagernden Abfällen
- o Ordnungsgemäße Ablagerung der Reststoffe auf geeigneten Deponien mit Eingangskontrolle

6. BEHANDLUNG UND ANLAGENBEDARF

Die Aufbereitung der getrennt erfaßten Baurestmassen kann entweder vor Ort oder in Aufbereitungsanlagen erfolgen. Aufgrund der Verteilung der Anlagen im Bundesgebiet sind unterschiedlichste Auslastungen die Folge. Nach Angaben des Österreichischen Baustoffrecyclingverbandes sind die bestehenden Baurestmassenaufbereitungsanlagen durchschnittlich nur zu 50 % ausgelastet.

In der Bauwirtschaft zeigt sich vermehrt der Trend zur Vorsortierung bereits auf der Baustelle, um so zu einer besseren Qualität von Recycling-Baustoffen zu kommen. Vor allem Baustellenabfälle werden zunehmend getrennt von mineralischem Bauschutt auf der Baustelle gesammelt.

Um die Aufbereitung der verwertbaren Fraktionen sowie die ordnungsgemäße Entsorgung der nicht verwertbaren Bestandteile zu ermöglichen oder zu verbessern, soll vor Beginn der Abbrucharbeiten ein Konzept erstellt werden, in dem die Reihenfolge der verschiedenen Abbrucharbeiten mit dem Ziel, die im Zuge der Abbruchmaßnahmen anfallenden unterschiedlichen Stoffe getrennt zu erfassen, festgelegt wird. Zukünftig wird die verstärkte Durchführung des selektiven Rückbaus von Bauwerken zu einer Reduktion der auf Deponien abzulagernden Reststoffe führen.

Bei Straßenaufbrüchen ist durch den lagenweisen Aufbau eine getrennte Rückgewinnung der Fraktionen Asphalt, Beton usw. im Vergleich zum Hochbau relativ leicht möglich. Dies hat dazu geführt, daß im Vergleich zu anderen Baurestmassen die Verwertungsquoten derzeit bereits hoch sind. In Österreich wird nur mehr ein relativ geringer Anteil an Altasphalt deponiert. Im Jahre 1991 wurde die Verwertungsquote für den Straßenaufbruch insgesamt auf rd. 80 % geschätzt.

Bei der Verwertung von Altasphalt dominieren die "kalten" Verwertungstechnologien, also der Einbau des kalt gewonnenen Fräsasphaltes oder des gebrochenen Altasphaltes in den Unterbau oder für Ausgleichsschichten im Straßenbau. Für den Unterbau, für Ausgleichsschichten, Lärmschutzwälle, Künettenverfüllungen und dergleichen können jedoch auch andere, gegebenenfalls minderwertige Recycling-Baustoffe verwendet werden.

Langfristig ist der Einsatz von Recyclingmaterialien als Ersatz für Primärbaustoffe zu forcieren. Dazu wird die Ausarbeitung weiterer Richtlinien sowie die Festlegung von Qualitätskriterien für die jeweiligen Einsatzbereiche erforderlich sein. Verwendungen außerhalb des Straßenbaus sollen entwickelt und gefördert werden.

Sortieranaysen von Baustellenabfällen haben gezeigt, daß mehr als die Hälfte des Volumens von brennbaren Abfällen bestimmt wird. Das bedeutet, daß unter Berücksichtigung der zukünftig an die Deponierung von Reststoffen zu stellenden Anforderungen eine thermische Behandlung der Baustellenabfälle erforderlich sein wird. Dies setzt allerdings entsprechende emissionsmindernde Einrichtungen an den Verbrennungsanlagen voraus. Da aus heutiger Sicht nur unzureichende Verbrennungskapazitäten vorhanden sind, wird bei der Planung und Errichtung geeigneter Anlagen der Einsatz von Baustellenabfällen zu berücksichtigen sein. Weiters ist die Möglichkeit des Einsatzes von bestimmten, unbelasteten und sortierten Fraktionen (Holz, Kunststoffe) in bereits bestehenden industriellen Anlagen zu überprüfen.

Für die Ablagerung von Bauschutt werden durch den Entwurf zu einer Deponieverordnung eindeutige Rahmenbedingungen vorgegeben. Auf Baurestmassendeponien dürfen nur Abfälle mit geringfügigen Schadstoffgehalten abgelagert werden. Das erfordert eine entsprechende Aufbereitung des Bauschuttes (Sortierung auf der Baustelle oder in Anlagen). Es bedeutet aber auch, daß die Baurestmassendeponien als zukünftige Lagerstätten betrachtet werden können, wenn gleichartiger Bauschutt abgelagert wird (Prinzip Monodeponie). Eine spätere Rückholung der Baurestmassen wird dadurch wesentlich erleichtert.

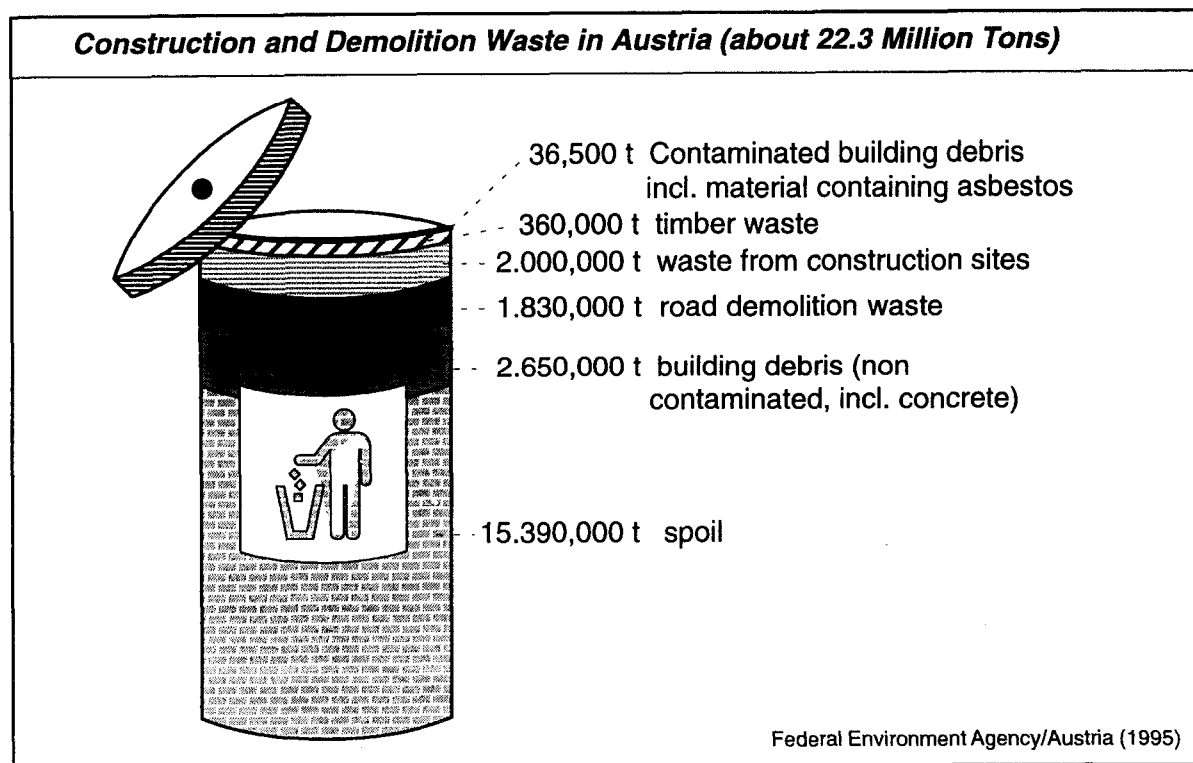
7. ZUSAMMENFASSUNG DER EMPFEHLUNGEN DES UMWELTBUNDESAMTES

- o Berücksichtigung abfallvermeidender Maßnahmen bereits bei der Planung von Bau- und Abbruchvorhaben
- o Verlängerung der Nutzungsdauer von Bauwerken und Bauteilen durch Ertüchtigung bzw. Wiederverwendung
- o Verlängerung der Haltbarkeit von Straßenbelägen und Straßenbauweisen sowie von Betonbauteilen
- o Überprüfung der Möglichkeiten des Ersatzes von Asbest im Hinblick auf ein vollständiges Asbestverbot
- o Einschränkung der Anwendung besonders toxischer und biologisch resistenter Stoffe
- o Überprüfung der Toxizität und Abbaubarkeit von Bauhilfsstoffen bereits bei der Zulassung
- o Verminderung des Einsatzes von chemischen Brandschutzmitteln und Fungiziden
- o Keine Deponierung von unbelastetem Bodenaushub, außer der für den Deponiebau erforderlichen Massen
- o Verwertung von sortenreinen Materialien als Sekundärbaustoffe bzw. als Füllmaterial
- o Festlegung von Qualitätskriterien für Recyclingbaustoffe und Untersuchung weiterer Einsatzmöglichkeiten
- o Thermische Behandlung bzw. energetische Nutzung heizwertreicher Fraktionen der Baustellenabfälle in geeigneten Verbrennungsanlagen mit Rauchgasreinigung

Avoidance, Recycling and Treatment of Construction and Demolition Waste

Report UBA-95-110 – Abstract

In Austria, construction and demolition waste constitutes over 50 per cent of the estimated total waste arisings. Thus, the realisation of plans for waste avoidance and recycling is a prerequisite for efficient waste management.



The present study provides information on the properties of construction and demolition waste, its environmental relevance and on the present state of avoidance, recycling and treatment of such waste material which is classified as follows:

- timber from construction and demolition activities
- building debris
- road demolition waste (including asphalt)
- spoil
- concrete debris
- wastes containing asbestos
- contaminated building debris
- wastes from construction sites

Furthermore, an outline is given on the various possibilities to avoid and recycle waste material, taking into consideration the objectives of sustainable and environmentally sound waste management. All measures required to reach these aims are given and recommendations to put them into effect are provided.

TU Wien

Inst. für Wassergüte und Abfallwirtschaft
o.Prof.Dr. Paul H. Brunner - A-1040 Wien



Abt. Abfallwirtschaft
Karlplatz 13/228.4

Wien, Sept. 1994

Tel.: + 43 1 58 801 3196
Fax: + 43 1 504 22 34

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 17202

Bau- und Abbruchholz

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. E. Binner

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

1.	HERKUNFT.....	1
2.	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN.....	1
3.	BAUHOLZZUSAMMENSETZUNG	1
3.1	Produktinformation	2
3.1.1	Bauholz, vergütete Holzbaustoffe (Balkenholz, Holz des Ausbaues)	2
3.1.1.1	Zusammensetzung von Holz	2
3.1.1.2	Holzzusatzmittel (Bauhilfsstoffe)	5
3.1.1.2.1	Holzschutz (siehe dazu auch Punkt 4.2.1)	5
3.1.1.2.2	Brandschutzmittel	6
3.1.2	Holzplatten, Faserbaustoffe (Holzeinbauten):	7
3.1.2.1	Sperrholz	7
3.1.2.2	Spanplatten und dgl.	7
3.1.3	Holzverbindungen	9
3.1.3.1	Klebstoffe	9
4.	EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ VON BAU- UND ABBRUCHHOLZ	11
4.1	Bauholz	11
4.2	Holzzusatzmittel	12
4.2.1	Holzschutz	12
4.2.2	Pigmente in Anstrichen	15
4.2.3	Klebstoffe und Harze	15
4.3	Übersicht über heute verwendete Holzschutzmittel	16
5.	BAU- UND ABBRUCHHOLZMASSEN	20
5.1	Massenabschätzung	20
5.1.1	Grundlegende Daten	20
5.1.2	Holz aus dem Abbruchschutt:	20
5.1.3	Holz aus den Baustellenabfällen	21

6.	DERZEIT BESTEHENDE ZUORDNUNG VON BAU- UND ABBRUCHHOLZ ZU BEHANDLUNGSWEGEN NACH KATALOGEN, NORMEN, RECHTSVORSCHRIFTEN.....	22
6.1	Österreich.....	22
6.2	BRD.....	23
6.3	Gesetze (Österreich).....	23
7.	BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE SITUATION	24
7.1	Österreich.....	24
7.2	Ausland	25
7.3	Ist-Zustand und Stand der Technik der Verwertung.....	26
7.3.1	Direkte Verwertung.....	26
7.3.2	Verwertung in der Spanplatten- und Baustoffindustrie	26
7.3.3	Verwertung in der Papier-, Zellstoff- und chemischen Industrie.....	27
7.3.4	Biotechnische Verwertung.....	28
7.3.5	Energetische Verwertung.....	28
7.4	Aufbereitung von Holzabfällen.....	32
7.5	Entsorgung und Ablagerung von Holzabfällen	32
8.	PERSPEKTIVEN.....	34
8.1	Vermeiden.....	34
8.2	Wiederverwenden und Verwerten	34
8.2.1	Wiederverwendung	35
8.2.2	Stoffliche Verwertung	36
8.2.2.1	Direkte Verwertung.....	36
8.2.2.2	Verwertung in der Spanplatten- und Baustoffindustrie	36
8.2.2.3	Verwertung in der Papier- Zellstoff- und chemischen Industrie.....	37
8.2.2.4	Biotechnische Verwertung.....	37
8.3	Energetische Verwertung	37
8.34	Entsorgung und Ablagerung	38
9.	MASSNAHMEN DES BUNDES.....	39
10.	LITERATUR.....	41

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen Schlüssel-Nr. 17202 "Bau- und Abbruchholz"

1. HERKUNFT

Bau- und Abbruchholz ist das bei Baumaßnahmen und Abbrucharbeiten anfallende Holz. Es fällt größtenteils vermischt mit Bauschutt oder Baustellenabfällen an.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Rohholz:	Durch Be- und Verarbeitung werden aus Rohholz und Hilfsstoffen Holzprodukte (Bauholz, Möbel usw.) erzeugt.
Holzreststoffe:	Reststoffe aus der Holzver- und Holzbearbeitung.
Altholz:	Holzprodukte, die nach unterschiedlichen Nutzungszeiträumen aus dem jeweiligen Einsatzbereich ausgeschieden werden.
Bauholz:	In der Bauwirtschaft verwendetes Schalungs- und Gerüstholz, sowie für die Sicherung von Künetten und Baugruben verwendetes Holz.
Abbruchholz:	Holzsortimente aus Gebäudeabbrüchen, dazu gehören
Balkenholz:	Holzbinder (auch Holzleimbinder), Balken für Dach und Decken,
Holz des Ausbaues:	Schalungen, Gesimse, Lattenverschläge, Tischlerholz wie Fenster, Türen, Futterleisten und Rolladendeckel, Parkettholz und Sockelleisten. Treppen, Fenster und Türen werden nach der geplanten standardisierten Leistungsbeschreibung für den Hochbau (LB-H) des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Angelegenheiten (Veröffentlicht am 1.9.1993) zu den Baustellenabfällen gezählt.
Holzeinbauten:	Verwendung finden heute hauptsächlich Holzwerkstoffe wie Preßspanplatten und Holzfasernplatten.

3. BAUHOZZUSAMMENSETZUNG

Die Holzsortimente aus Gebäudeabbrüchen sind sowohl ihrer Menge, als auch ihrer Zusammensetzung nach sehr unterschiedlich; innerhalb der mengenmäßig relevanten Arten wird unterschieden in:

Balkenholz stammt aus Dachstühlen, Decken und Fachwerken; teilweise ist dieses Holz mit Holzzusatzmitteln (Imprägnierungen, Brandschutzmitteln) behandelt, fallweise enthält es Binde- und Klebemittel (Holzleimbinder). Balkenholz hat üblicherweise gute bautechnische Eigenschaften.

Holz des Ausbaues d.s. sekundäre Bauteile, wie z.B. Verschalungen, Fenster, Türen, Treppen, Fußböden und Sockelleisten. Dieses Holz besitzt einen Anteil an Nicht-Holzbestandteilen, wie z.B. Glas, Metalle, Lacke etc. Dieses Holz ist teilweise mit Holzschutzmitteln, Brandschutzmitteln, Anstrichen und Lacken behandelt.

Holzeinbauten: Hier wird bereits längere Zeit mit Holzwerkstoffen (Preßspanplatten, Hartfaserplatten), die Bindemittel (z.B. Harnstoff-Formaldehyd-Harze), Pigmente und organische Polymere enthalten, gearbeitet. Auch beschichtete Platten finden Verwendung.

3.1 Produktinformation

3.1.1 Bauholz, vergütete Holzbaustoffe (Balkenholz, Holz des Ausbaues)

3.1.1.1 Zusammensetzung von Holz

Holz, als natürlicher Baustoff besteht aus:

- | | | |
|------------------------------------|--------|---------------|
| - Zellulose | 40-55% | Gerüstwirkung |
| - Hemizellulose | 20-40% | Gerüstwirkung |
| - Lignin | 18-35% | Bindemittel |
| - Reservestoffe | | |
| - Farbstoffe | | |
| - Gerbstoffe | | |
| - Imprägnierstoffe (Wachse, Harze) | | |

Der Wassergehalt von Bauholz liegt zwischen 8 und 20% (kann bei halbtrockenem Bauholz bis zu 30% betragen).

Die chemische Analyse von frischem Holz ergibt :

- 50 % Kohlenstoff
- 5 - 6 % Wasserstoff
- 44 % Sauerstoff
- 0,01 - 0,25 % Stickstoff
- geringe wechselnde Mengen Si, Mg, K, Ca, Na, P u.a.
- 0,6 % Asche

Schadstoffe:

Auch unbehandeltes Holz enthält **Schwermetalle**, die über die Luft bzw. über Boden und Grundwasser aufgenommen werden. Die Schwermetallgehalte von frischem Holz liegen in der Regel unter den für Biokomposte vorgeschriebenen Grenzwerten, in mineralischen Dämmstoffen kann es fallweise zu höheren Werten kommen. Tabelle 1 zeigt übliche Schwermetallgehalte von neuem Bauholz und Mineralischen Dämmstoffen.

Tabelle 1:
Schwermetallkonzentrationsbereiche in Holz und mineralischen Dämmstoffen

Parameter	Holz	Mineral. Dämmstoffe	Grenzwert für Bioabfallkomp ¹⁾ S2200 Klasse I
Cu [mg/kg TS]	5- 30	1- 50	70
Ni [mg/kg TS]	5- 50	2- 80	42
Cr [mg/kg TS]	5- 20	2-200	70
Zn [mg/kg TS]	5-100	5-100	210
Cd [mg/kg TS]	0,05-0,5	0,05-0,5	0,7
Pb [mg/kg TS]	5- 20	5-100	70

1) Schwermetallgehalte bezogen auf 30% Glühverlust; für Komposte der Klasse I ist bei der Ausbringung hinsichtlich der Schwermetalle keine Frachtenregelung anzuwenden.

Nach Lechner P., et al: "Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt". TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Hrsg: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, "Abfallwirtschaft" Schriftenreihe der Sektion V, Band 1.

Zellulose besteht aus einem polymeren Kohlenhydrat (= Polycellobiose) und wirkt als Stützgerüst. Durch die Wasserstoffbrückenbindung der einzelnen Zellulosemoleküle entstehen Verbindungen zwischen den Ketten und eine faserige Struktur. Dies bewirkt die hohe Zug- und Biegezugfestigkeit und die gute Elastizität.

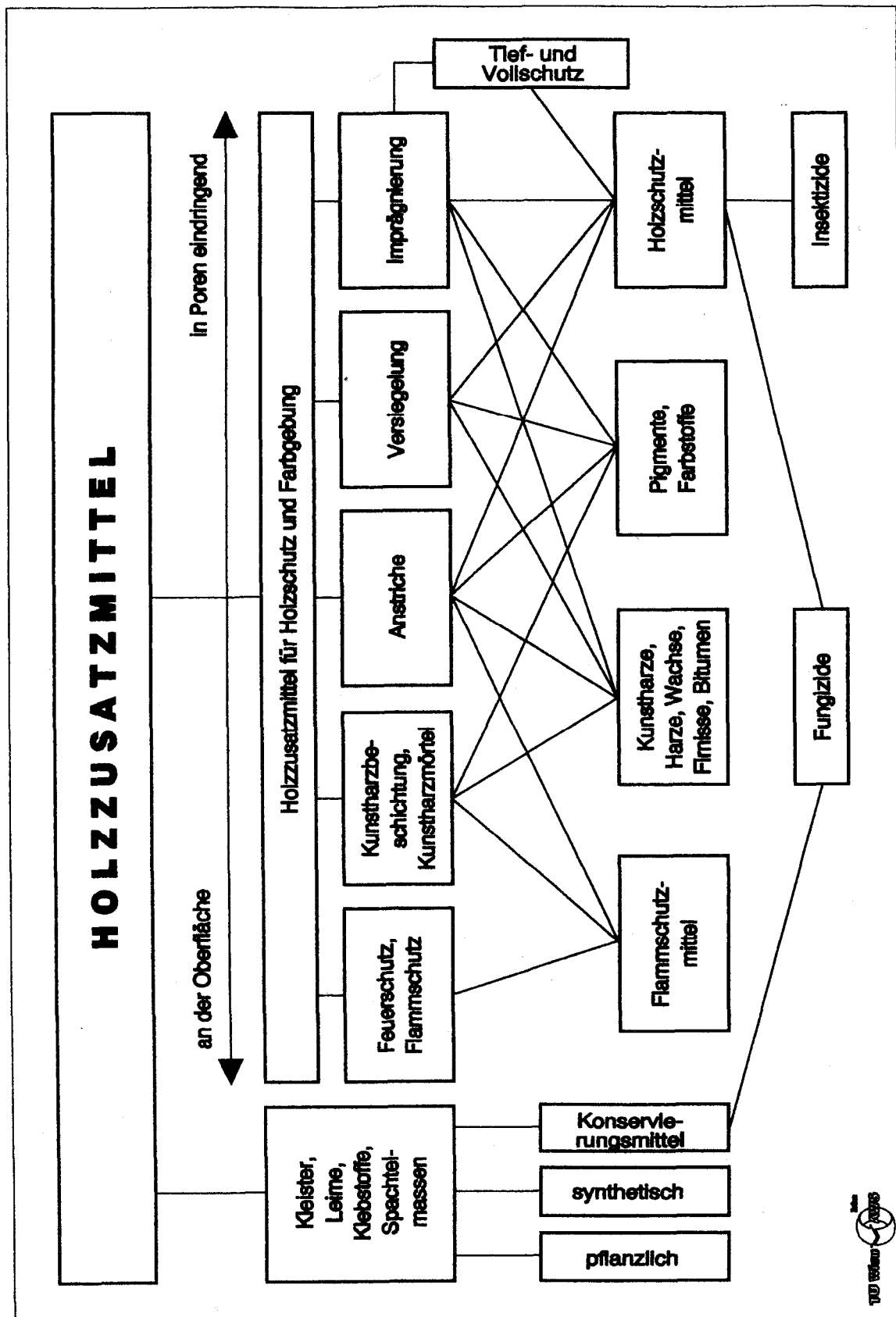
Lignin ist ein hochmolekulares Benzolderivat (aromatische Verbindung mit unterschiedlichen Seitenketten) und hat bedingt durch den höheren Kohlenstoffgehalt (65%) eine höhere Dichte als Zellulose. Lignine bilden Makromoleküle, sind quellbar, thermoplastisch und reagieren auf Chemikalieneinfluß empfindlicher als Zellulose. Lignin unterstützt den Zusammenhalt der Gerüstsubstanz. Die Lignineinlagerung erfolgt gegen Ende des Zellwachstums und wirkt versteifend. Lignin bewirkt die hohe Druckfestigkeit des Holzes.

Wie die Zellulose wirken auch die **Hemizellulosen** als Gerüst; im Gegensatz zu diesen sind sie jedoch leicht von Schädlingen angreifbar.

Natürlichen Schutz gegen Schädlinge und Fäulnis bieten die **Gerbstoffe**. Besondere Gefahr für die Bausubstanz ist bei wechselnder Feuchtigkeit gegeben. Während trockenes Holz, und auch dauernd unter Wasser befindliches Holz kaum verwittert, fault im Wasserschwankungsbereich eingebautes Holz sehr rasch.

Holz zeichnet sich infolge dieser Zusammensetzung durch hohe Druckfestigkeit und chemische Beständigkeit bei geringem Gewicht und leichter Bearbeitbarkeit aus. Weitere Vorteile dieses Baustoffes sind hohe Wärmedämmung und gute akustische Eigenschaften. Nachteilig sind Rißbildung und Verwerfen durch schlechte Trocknung und Lagerung, Störung durch Äste, Brennbarkeit und Anfälligkeit gegen Schädlinge und Fäulnis.

Abbildung 1:
Systematische Darstellung von Holzzusatzmitteln



3.1.1.2 Holzzusatzmittel (Bauhilfsstoffe)

Holzkonstruktionen sind anfällig gegen Schädlingsbefall (Insekten, Pilze), Fäulnis, Witterungseinflüsse und Feuer. Zur Verlängerung der Lebensdauer von Holzbauwerken werden Holzzusatzmittel wie Holzschutzmittel und Brandschutzmittel eingesetzt. Weitere Holzzusatzmittel sind Klebemittel (Holzleimbinder, Bindemittel bei der Plattenherstellung), Versiegelungen und Anstriche zur optischen Gestaltung von Holzteilen (siehe Abbildung 1).

3.1.1.2.1 Holzschutz (siehe dazu auch Punkt 4.2.1)

Beim **baulichen Holzschutz** wird Holz durch konstruktive Maßnahmen vor Witterungseinflüssen und Schädlingen geschützt. Da baulicher Holzschutz nicht in allen Fällen ausreichend ist werden in der Regel weitere Maßnahmen wie Oberflächenbehandlung und chemischer Holzschutz notwendig.

Heute eingesetzte **Oberflächenholzschutzmittel** basieren auf Öl-Alkydharzbasis (gegen atmosphärische Einflüsse), Polyurethanbeschichtung als Schutz vor chemischer Beanspruchung oder Polyesterbeschichtung (hauptsächlich für Innenräume). Weitere Oberflächenschutzmittel sind Bleichmittel, Beizen und Polyesterlacke (UP-Lacke). Säurehärtende Lacke (SH-Lacke) und Anstrichlacke enthalten meist Lösemittel, wobei letztere heute auch schon in wasserlöslicher Form in ausgezeichneter Qualität erzeugt werden.

Der **chemische Holzschutz** richtet sich gegen biologische Schädlinge. Für einen hochwertigen Schutz gegen biologische Schädlinge muß das Mittel möglichst tief ins Holz eindringen, von hoher Giftwirkung (meist wachstumshemmende Wirkung) für die Schädlinge und Dauerschutzwirkung sein. Angewendet werden heute wasserlösliche Mittel basierend auf Salzbasis (für den Innenausbau), Ölpräparate (für den Außeneinsatz) und lösemittelhaltige Präparate. Detailliertere Angaben erfolgen unter Punkt 4.2; eine Zusammenstellung der heute gängigen Holzschutzmittel erfolgt unter Punkt 4.3 in den Tabellen 3-5.

Für das **Imprägnieren** von Holzbauteilen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.

– **Randschutz** (bis 10 mm Tiefe)

Das Holzschutzmittel wird durch Streichen, Spritzen, Kurztauchen oder im Sprühtunnel aufgebracht. Randschutz ist einfach und jederzeit (auch auf der Baustelle) herstellbar; nachteilig ist, daß beim späteren Auftreten von Trockenrissen die Schutzschicht durchbrochen wird.

– **Tiefschutz** (mehr als 10 mm Tiefe)

Tauchen (Trog- und Kesseldruckverfahren).

Beim Tauchen schwimmt das Holz im Schutzmittel oder wird kurzfristig untergetaucht. Nach Entnahme aus dem Tauchbecken sollte das Holz einige Zeit über einem Tropfblech bleiben.

Beim Trogtränken werden die Hölzer mehrere Stunden bis Tage in der Holzschutzflüssigkeit gelagert. Bei der Wechsellagierung wird das Holz im Schutzmittel auf 80°C erwärmt und anschließend in kaltes Schutzmittel eingelagert. Der Temperaturwechsel führt zu größeren Eindringtiefen.

Beim Kesseldrucktränken wird das Schutzmittel mit Hilfe von Druckunterschieden in die Hohlräume des Holzes eingebracht.

– **Vollschutz**

Das Holzschutzmittel dringt nur sehr schwer ins Holz ein. Das Kernholz läßt sich überhaupt nicht imprägnieren. Verfahren sind das Trog- und Kesseldruckverfahren (siehe oben), das Saftverdrängungsverfahren (das Holzschutzmittel wird von der Wurzelseite her ins frisch geschlagene Holz bei gleichzeitiger Verdrängung des Baumsaftes eingepreßt; nachteilig ist die lange Dauer des Tränkvorganges) und die Diffusionstränkung (Lagerung des frischgeschälten Holzes in einem Salzgemisch hoher Konzentration). Kleinere Teile können durch Polymerisierung imprägniert werden.

– **Teilschutz**

Der Tiefenschutz ist auf einzelne Stellen beschränkt. Das Verfahren arbeitet mit Salzpastenbandagen oder mit Bohrlochtränkung.

3.1.1.2.2 Brandschutzmittel

Weitere Zusatzmittel werden zum Zweck des Brandschutzes verwendet (Tabelle 6). Brandschutzmittel sind nicht witterungsbeständig. Die Wirkung von **phosphathaltigen Salzpräparaten** beruht auf Wärmeentzug durch die Bildung von Wasser oder durch Schmelzen. Eine andere Wirkungsweise besteht in der Löschgasbildung (CO_2 , SO_2 , NH_3) durch chemischen Zerfall des Flammenschutzmittels (Carbonate, Chloride, Oxide und Silikate auf Phosphorbasis) bei Brand. Salze können weiters die Holzkohlebildung fördern, isolierend wirken oder Schutzschichten im Holz bilden.

Die zweite Gruppe der Brandschutzmittel sind **schaumbildende organische stickstoffhaltige Verbindungen** wie z.B. Harnstoff, die in der Regel als Dispersion aufgetragen werden. Sie enthalten Bindemittel, Pigmente und Lösungs- bzw. Dispersionsmittel; dazu kommen schaum-schichtbildende Komponenten wie Polyalkohole (Stärke), Dehydratations- und Treibmittel (Ammoniumphosphat, Phosphorsäure). Diese bilden bei Ausbruch eines Brandes Löschschaum, der den Luftzutritt und damit ein weiteres Verbrennen der Holzkonstruktion behindert. Meist sind dem Brandschutzmittel noch verstärkende Füllstoffe (Glasfaser, eventuell auch Asbest) zugemischt.

3.1.2 Holzplatten, Faserbaustoffe (Holzeinbauten):

Neben Vollholz werden von der Bauindustrie auch weiterverarbeitete Holzprodukte verwendet.

3.1.2.1 Sperrholz

Mehrere dünne Holzschichten werden kreuzweise verleimt; dadurch hat die Holzplatte keine bevorzugte Richtung für Schwinden und Quellen (Vollholz zeigt unterschiedliches Verhalten in Faserrichtung und quer zur Faserrichtung).

– Furnierplatten

Furnierplatten bestehen aus kreuzweise verleimten Furnieren. Nadelholzfurnierplatten finden als Baufurnierplatten (Dacheindeckungen, Unterfußböden, Außenwandverkleidungen) und Schalungsplatten Verwendung. Laubholzfurnierplatten dienen dekorativen Zwecken (Innenausbau, Möbelbau). Kunstharz-Preßholzplatten werden für Wandverkleidungen verwendet; sie sind witterungsbeständig.

– Tischlerplatten

Tischlerplatten bestehen aus Holzstäben zwischen je 90° quergelegten Deckfurnieren. Die Deckfurniere können je Seite ein- oder mehrlagig sein. Tischlerplatten dienen hauptsächlich zum Innenausbau und für Schalungsplatten.

– Verbundplatten mit Hohlzeilenmittellage

z.B. Türblätter

– Brettschichtholz, lamellierte Kanteln

Sie werden für Tragelemente im Hochbau und für Rahmenelemente von Fenster und Türen, aber auch im Innenausbau (Ständer und Stiele) verwendet, die aus Dimensions- oder Eigenschaftsgründen nicht aus Schnittholz hergestellt werden können.

3.1.2.2 Spanplatten und dgl.

Für die Spanplattenherstellung wird Holz zerspant und anschließend gepreßt. Dadurch hat dieses Bauelement keine bevorzugte Richtung für Schwinden und Quellen.

– Spanplatten

Zerspante (geschnittene) Holzstückchen werden getrocknet (Wassergehalt 2-4 %), gesichtet (Fremdstoffe sind zu entfernen) und mit Kunstharzbindemittel in mehreren Schichten verleimt. Längliche, geschnittene Späne ergeben bessere Spanplattenqualität als Sägespäne (kompakt). Dabei werden im Inneren gröbere, außen feinere Späne verwendet. Für die Deckschicht wird möglichst helles, einheitlich gefärbtes Spanmaterial verwendet (dazu muß es entrindet werden). 0,3 bis 1% Paraffin verzögern die Wasseraufnahme und das Quellen. Durch Pressen (Vorpressen, Hauptpressen) unter Hitze (140 - 200 °C) werden die Platten verfestigt. Schwach sauer reagierende Stoffe - z.B. Ammoniumsulfat - werden dabei als sogenannte "Härter" für das Kunstharz verwendet; ohne Härter würde auch bei den angegebenen Temperaturen keine Polymerisation eintreten. Eine Nachvergütung kann durch Wärmehandlung (ausgenommen Harnstoffharz- gebundene Platten) erreicht werden.

Nachträglich können Spanplatten in verschiedenen Verfahren beschichtet werden. Am weitesten verbreitet ist die Beschichtung mit harzgetränkten Papierfilmen, üblich ist aber auch ein Kaschieren von PVC-Folien. Beim Grundierfilmen werden Natronkraftpapiere mit 60 % Harnstoffharz imprägniert und mit Harnstoffharz- oder Polyvinylacetat-Leimen aufgeleimt. Die endgültige Oberflächengestaltung erfolgt durch Schleifen und Lackieren mit pigmentierten Lacken. Beim Dekorfilmen werden höhere Harzmengen (130-150 % des Papiergewichtes) verwendet. Das Tränkharz (Melaminharze) stellt die Verbindung zur Platte her. Das Kaschieren erfolgt in Pressen unter Hitze (siehe oben).

Als Bindemittel dienen Harnstoff-Formaldehydharze, wobei heute der Formaldehydgehalt möglichst gering gehalten wird.

Reine Melaminharze sind zu teuer, daher werden für Platten mit höherer Wasserbeständigkeit Mischkondensate aus Melamin-Harnstoff-Formaldehyd verwendet.

Phenolharze sind sehr witterungsbeständig; sie dominieren bei Außenplatten, die zusätzlich mit Holzschutzmittel geschützt werden. Phenolharzplatten emittieren wesentlich weniger Formaldehyd (10%) als mit Aminoplasten hergestellte Platten (FROEDE, WITT). Nachteile sind dunkle Farbe und hoher pH-Wert.

Isocyanate werden bisher nur in geringem Umfang angewendet. Die Qualität ist vergleichbar mit Phenolharzen; es ist dauerhaft, ist universell verwendbar und sparsam in der Anwendung. Hoher Preis und Schwierigkeiten in der Verarbeitung (es verklebt auch mit dem Metall der Pressen) sind Nachteile.

Auch Sulfite-Ablauge (Abfall beim Holzaufschluß mit Calciumbisulfite) kann als Bindemittel für Außenplatten dienen. Nachteil sind lange Preßzeiten oder hohe Nachbehandlungstemperaturen.

Als Oberflächenvergütung durch Beschichtung kommen Pigmente und organische Polymere (meist Melaminharze oder Acrylharze) in Frage.

Holzschutzmittel (hauptsächlich gegen Fäulnis) werden nur in besonderen Anwendungsfällen zugesetzt. Verwendung finden sowohl organische als auch anorganische Verbindungen. Wenn notwendig, können auch Brandschutzmittel (über 10 % bezogen auf Holzgewicht) zugemischt werden.

In Österreich finden Rohspanplatten V 20, V 100 (wetterfest) und B 1 (brandhemmend) Verwendung. Rohspanplatten bestehen in der Regel aus ca. über 90% Holzspänen, 8,5 - 9% Leim (Harnstoff - Formaldehyd - Harz mit 2 % Ammoniumsulfat als Härtungsmittel; früher wurde Ammoniumchlorid verwendet) und 0,45 % Paraffinwachs. Die Elution einer beschichteten Spanplatte in Wasser ergab einen pH-Wert von 5,5 (EGGER, 1992).

– Holzwolleleichtbauplatten:

Längliche Holzfasern werden mit Magnesiamörtel als Bindemittel zu Platten oder Steinen geformt.

– Holzfaserplatten:

Als Ausgangsmaterial für Holzfaserplatten dient vorwiegend Nadelholzabfall; die heutige Technologie ermöglicht aber auch die Verwendung von anderen Holzarten, Sägespänen und

sogar Einjahrespflanzen wie Stroh. Die Erzeugung erfolgt in Naß- oder Trockenverfahren; wegen der Abwasserproblematik spielen Naßverfahren heute nur mehr eine Ausnahmestelle. Zuerst wird das Holz zu Hackschnitzeln zerkleinert, wobei eine gleichmäßige Schnitzelgröße angestrebt wird. Fremdgegenstände sind auszuscheiden. Die Hackschnitzel werden durch Einwirkung von Wärme (160 - 175 °C), Feuchtigkeit und mechanischen Druckkräften in Zerkleinerungsanlagen in Einzelfasern und Faserbündel zerlegt. Je höher die Temperatur gewählt wird, desto geringer ist der Kraftaufwand beim Defibrieren, aber desto mehr wasserlösliche Stoffe werden freigesetzt, die die Stoffausbeute vermindern und die Abwässer stärker belasten. Anschließend erfolgt eine nasse oder trockene Aufbereitung der Fasern und ein eventuelles Zumischen von Zusätzen. Der breiartige Grundstoff (+ 0,5-6 % Aluminiumsulfat oder Schwefelsäure, die die Harze zur Polymerisation bringen) kann mit oder ohne Zugabe von Bindemittel bei Temperaturen zwischen 170 ° und 250 °C unter hohen Drücken in Naß- oder Trockenverfahren gepreßt und entwässert werden.

Die Bindekräfte und die Wasserresistenz lassen sich durch Zugabe von Binde- und Hydrophobierungsmitteln, sowie durch thermische Nachbehandlung erhöhen. Vor allem bei Trockenverfahren muß mit erhöhtem Bindemittelbedarf gerechnet werden. Die Platten werden mit geringem Energieaufwand produziert. Der pH-Wert beträgt 3,0 - 4,5.

Es gibt poröse (HDF), mittelharte (HFM) und harte (HFH) Platten. Bei porösen Platten erfolgt die Bindung durch holzeigenes Harz oder Bitumen (5 - 10 % Bitumenemulsion für besondere Wasserbeständigkeit); sie finden vor allem in Wärme- und Schalldämmung Verwendung. Für harte Platten werden dem wäßrigen Faserbrei härtbare Kunstharze (Phenol-Formaldehyd-Harze) in wäßriger alkalischer Lösung (Harzanteil 1,5 - 3 %) zugegeben. In Klimakammern werden die Platten anschließend langsam wieder auf Luftfeuchtigkeit gebracht. Eine thermische Nachbehandlung in Härtekammern (der Klimakammer vorgeschaltet) bei 140 bis 160 °C erhöht Härte und Wasserbeständigkeit.

Holzschutzmittel können beim Trockenverfahren während der Faseraufbereitung zugegeben werden; beim Naßverfahren ist die Zugabe wegen der Abwasserbelastung problematisch. Hier kann die Imprägnierung mit 5 - 12 % Ölen im Tauchverfahren vor der Nachbehandlung erfolgen.

Hartfaserplatten werden häufig mit einseitig glänzender Oberfläche hergestellt. Auf Wunsch ist auch eine Kunststoffbeschichtung möglich.

3.1.3 Holzverbindungen

Gängige Verbindungsmittel im Holzbau sind Holzdübel, Bolzen, Schrauben, Nägel aus Metall und Klebemittel (Bindemittel).

Holzdübel zeigen gleiches Verhalten wie Holz. Metallverbindungsmittel müssen vor einer stofflichen Wiederverwertung entfernt werden.

3.1.3.1 Klebemittel

Klebstoffe finden sowohl bei Bauholz (Holzleimbinder), als auch beim Holz des Ausbaues Verwendung (Spanplatten). Als Klebstoffe dienen heute meist Leime auf Kunststoffbasis, die mit oder ohne Erwärmung unter Preßdruck erhärten. **Organische Klebstoffe** liegen in polymerer Form vor; dadurch sind sie gegenüber Boden und Feuchte relativ stabil.

Gängige Klebemittel sind:

- Thermoplaste erfordern hohe Temperaturen und den Zusatz von Lösemitteln. Die hergestellten Verbindungen sind bei Bedarf wieder lösbar.
- Aminoplaste sind
 - Harnstoff-Formaldehydharze (UF). Die Platten sind nicht voll wetterbeständig.
 - Melamin-Harnstoff-Formaldehydharze (MUF)
 - Melamin-Formaldehydharze (MF)
- Phenoplaste
 - Phenol-Formaldehydharze (PF). Die Platten sind wetterfest.
 - Melamin-Harnstoff-Phenol-Formaldehydharz
- Polymeres 4.4-Diphenylmethandiisocyanat (PMDZ)
- Kasein
- Anorganische Bindemittel
 - Portlandzement
 - Magnesit
 - Gips

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ VON BAU- UND ABBRUCHHOLZ

4.1 Bauholz

Holz als natürlicher Baustoff weist in der Regel keine umweltschädigenden Einflüsse auf. Schadstoffgehalte (z.B. Schwermetalle) können standortbedingt auftreten, sind aber kaum jemals so hoch, daß eine Umweltgefährdung zu erwarten ist.

Die folgende Tabelle zeigt Schadstoffgehalte in Bau- und Abbruchholz. Bemerkenswert ist, daß Holz aus Sortieranlagen wesentlich stärker belastet ist als Holz aus der Mehrmuldenabfuhr (Rückbau). Altholz aus Möbeln weist in der Regel höhere Schadstoffkonzentrationen als Abbruchholz aus der Mehrmuldensammlung auf.

Tabelle 2:

Schadstoffgehalte in Bau- und Abbruchholz, in Abhängigkeit vom Sammelsystem. (Quellen: GRAF.E.: "Zur Problematik der Verbrennung von mit Schutzmitteln behandeltem Holz" in: Holz als Roh- und Werkstoff 49, S.291-297, 1991. und ARBEITSGEMEINSCHAFT ALT-HOLZKONZEPT KANTON ZÜRICH, 1990.)

Parameter	Holz aus Sortieranlagen	Holz aus Mehrmuldenabfuhr
Cu [mg/kg TS]	6.400	12
Ni [mg/kg TS]	150	7.200
Cr [mg/kg TS]	175	18
Zn [mg/kg TS]	90	7
Cd [mg/kg TS]	4,3	2,0
Pb [mg/kg TS]	1.160	990
Hg [mg/kg TS]	1	0,2
As [mg/kg TS]	1,5	1,3
S [mg/kg TS]	3.800	n.b.
Cl [mg/kg TS]	3.000	660
F [mg/kg TS]	115	95
B [mg/kg TS]	14	n.b.
PCP [mg/kg TS]	1,6	1,6
Lindan [mg/kg TS]	0,9	0,9

4.2 Holzzusatzmittel

Als biogener Baustoff weist Holz nur eine beschränkte Lebensdauer auf. Um diese zu erhöhen wird das Holz mit Zusatzmitteln bearbeitet. Gegen Schädlingsbefall (Insekten und Pilze) wird Holz durch Holzschutzmittel geschützt. Heute angewendete Holzschutzmittel müssen geprüft sein; die erlaubten Mittel sind im Österreichischen Holzschutzmittelverzeichnis (21. Auflage 1993, Prüfausschuß für Holzmittel) aufgelistet, das jährlich überarbeitet wird. Abbruchholz kann jedoch auch mit heute nicht mehr zugelassenen Mitteln konserviert worden sein. Im Hinblick auf eine Bodenbelastung bei der Verarbeitung sind in erster Linie Lösemittel, Pigmente und biozide Wirkstoffe relevant. Sonstige Inhaltstoffe sind entweder weitgehend chemisch inert (Polymerisate als Bindemittel) oder in so geringer Konzentration enthalten, daß sie bei gleichzeitiger niedriger chemischer und biologischer Aktivität vernachlässigbar sind (GREIFF, 1990). Eine Ausnahme können Mehrkomponentenzusatzstoffe darstellen. Bei Mehrfachkomponentenharzen beispielsweise muß das Mischungsverhältnis der teilweise biologisch relevanten Einzelkomponenten innerhalb enger Grenzen eingehalten werden, damit ein umweltverträgliches Harz entsteht. Die Einzelkomponenten stellen in der Regel jedoch nur eine Gefahr bei der Verarbeitung dar; richtig dosiert und einmal ausgehärtet sind sie biologisch nicht mehr relevant.

Auch aus Gründen des Brandschutzes von Bauwerken werden Holzzusatzmittel eingesetzt. Sie sollen das leicht entzündbare Holz gegen Feuer widerstandsfähiger machen, damit im Brandfall die Gefahr für die Benutzer des Bauwerkes möglichst gering gehalten werden kann.

Weitere Zusatzmittel finden zur optischen Gestaltung der Bauteile als Pigmente in Anstrichen Verwendung.

Die in der Literatur gefundenen Angaben (KNOBLAUCH, 1987 ; DEPPE, 1991; GREIFF, 1990; SCHMID, 1989 und WÄLCHLI, 1990) bezüglich Umweltrelevanz von Bauhilfsstoffen beziehen sich meist auf das Produkt vor der Anwendung; über das Gefährdungspotential im Altholz liegen kaum Angaben vor.

4.2.1 Holzschutz

Bedingt durch die Gefahr einer durch Holzschutzmittel möglichen Umweltbeeinträchtigung (auch im Hinblick auf Abbruchholz) ist das Hauptaugenmerk auf baulichen Holzschutz zu legen.

Weitere Schutzmaßnahmen können durch Oberflächenbehandlung gesetzt werden. In Frage kommen u. a. Beschichtungen (Öl-Alkydharz-Kombinationen, Polyurethanbeschichtungen, Beschichtungen auf Polyesterbasis).

Oberflächenbehandlung erfolgt vielfach auch aus optischen Gründen. Als Bleichmittel werden Chlorlauge, Salzsäure-Natriumbisulfit, Wasserstoffperoxid, Salmiakgeist, Natronlauge und Kalilauge verwendet. Kleesalz und vor allem Oxalsäure wurden früher häufig verwendet.

Zur Färbung finden Beizen Anwendung. Sie sind meist schwermetallhaltig. Bei zu geringem Gerbstoffgehalt des Holzes muß vorgebeizt werden (Zufuhr von Gerbstoffen); sonst reicht Einfachbeizen. Als Vorbeizen finden Tannin, Brenzkatechin, Pyrogallol und Paramin Verwendung. Das Nachbeizen erfolgt mit Metallsalzen wie Kupfersulfat, Kupfer(II)chlorid, Kaliumchromat, Kalium- und Natriumbichromat und Nickel- Mangan- Eisensalzen.

Lackiert wurde in den letzten Jahren fast ausschließlich mit synthetischen Lacken, die zum Teil beträchtliche Lösungsmittelmengen enthalten. Nitrolacke enthalten einen besonders hohen Lösungsmittelanteil (75%). Auf Grund der Umweltdiskussion werden heute vermehrt wasser verdünnbare Lacke und Lasuren, meist auf Acrylbasis angeboten. Bei sorgfältiger Verarbeitung sind traditionelle Alkydlacke (lösemittelhaltig) und Kombinationen aus Imprägnierlasuren mit wasser verdünnbaren Dickschichtlasuren gleichwertig (HANTSCHKE, 1989). Wesentlichen Einfluß auf die Anstrichgüte hat die Schichtdicke, das Holz und auch der Farbtön des Anstriches (mittlere Farbtöne sind für die Anstrichgüte am günstigsten).

Seit 1.6.1992 dürfen in Österreich gemäß Lösemittelverordnung (BUNDESMINISTERIUM für UMWELT, JUGEND und FAMILIE, BGBl. 492/1991) keine chlorierten organischen Lösemittel in Lacken, Farben und Anstrichen verwendet werden. Auch die Verwendung von Dichlormethan als Abbeizmittel ist untersagt.

Bezüglich der Umweltrelevanz von Lösemitteln bei Altholz liegen keine Untersuchungen vor. Es ist jedoch davon auszugehen daß im Altholz nur mehr Spuren von Lösemitteln enthalten sind. Nach SCHMID (1989) sind in mit Holzaußenanstrich behandeltem Holz nach 24 Stunden nur mehr 3-8 % des Lösemittels vorhanden; nach der Durchhärtung (max. 100 Tage) sind es noch maximal 3-5 %. Aus diesem Grund wird auf eine detaillierte Auflistung der in der Bauindustrie verwendeten Lösemittel verzichtet.

Ungesättigte Polyesterlacke (UP-Lacke) können Schwermetalle enthalten. Sie sind Lösungen von ungesättigtem Polyesterharz in Styrol. Zur Härtung werden Peroxid und Cobalt-Salze verwendet.

Säurehärtende Lacke (SH-Lacke) sind Zweikomponentenlacke (Harnstoff-Harz, Alkydharz und Fettsäuren mit Lösungsmitteln wie Butanol, Toluol und Ethylglykol). Hauptanwendung liegt bei Möbellacken und Parkettlacken.

Polyurethan-Lacke (PUR-Lacke) erhärten durch Vernetzung von niedermolekularen zu hochmolekularen Verbindungen.

Der **chemische Holzschutz** richtet sich wie schon erwähnt gegen biologische Schädlinge; das Mittel soll möglichst tief ins Holz eindringen, von hoher Giftwirkung (meist wachstumshemmende Wirkung) für die Schädlinge und Dauerschutzwirkung sein (HENNING, 1989). Höhere Lebewesen dürfen nicht geschädigt werden, daher scheiden früher verwendete schwermetallhaltige Präparate aus. Holzschutzmittel müssen eine gewisse Wasserlöslichkeit besitzen, da die Aufnahme in die Organismenzelle nur über Wasser erfolgen kann; sie dürfen aber nicht oder nur gering auswaschbar oder flüchtig sein, weil sonst die Wirkung zu rasch nachließe. Die Fixierung dauert einige Zeit (Stunden bis Monate - man kann jedoch davon ausgehen, daß die Holzschutzmittel im Altholz fixiert sind).

Für den chemischen Holzschutz stehen Mittel gegen Insekten - Insektizide - (vorbeugend und bekämpfend) und Pilze - Fungizide - (gegen Fäulnis) zur Verfügung (KNOBLAUCH, 1987). Dabei unterscheidet man wasserlösliche Salze, ölige Mittel und Sonderpräparate gegen akuten Insekten- oder Schwammbefall (siehe Tabellen 3-5).

Ein Großteil der **wasserlöslichen Mittel** (Tabelle 3) ist nicht auswaschbeständig (KNOBLAUCH, 1987); daher eignen sie sich meist nur für Innenräume (mobile Salze). Teilweise sind sie auch im Freien anwendbar, wobei hier bis auf Ausnahmen Kontakt zur Erde feuchte unterbunden werden muß (fixierende Salzgemische). Die Aufwandsmengen liegen zwischen 3 und 6 kg/m³ Holz (DEPPE, 1991). Bei CKB bzw. CFK-Salzen betragen die Auf-

wandsmengen 15 bzw. 11 kg/m³ (GRAF 1991). Für Innenräume kommen Fluorsilikate (SF-Salze), Hydrogenfluoride (HF-Salze), Zinkverbindungen und anorganische Borverbindungen (B-Salze) in Frage. Außen können Borfluoride, Kupfersalze, Chromate und Fluoride verwendet werden. Chromate gelten als gefährlich - sie wirken krebserzeugend.

Früher wurden vielfach quecksilber- und arsenhaltige Mittel (Alkaliarsenate - UA-Salze) verwendet. Da diese auch auf höhere Lebewesen giftig wirken, sind Arsenate für Aufenthaltsräume ungeeignet und werden in Österreich im Hochbau nicht mehr angewendet. CKA = Kupfersalze, Alkalichromate mit Arsenaten sind nach einer Studie des Kommunalverbandes Ruhrgebiet (1989) in der BRD nicht mehr zugelassen (wegen ihrer hohen Unlöslichkeit waren sie nach KNOBLAUCH (1987) für Aufenthaltsräume 1987 noch zugelassen). Quecksilberhaltige Mittel werden in Österreich seit Ende der 50er Jahre nicht mehr angewendet.

Oft wurde für den Insektenschutz auf im Pflanzenschutz bewährte Mittel zurückgegriffen. Chlorkohlenwasserstoffe - Lindan, Methoxychlor, Toxaphen, Endosulfat, 2,4,5 Trichlorphenol. Neuerdings werden organische Phosphorsäureester sowie Carbamate verwendet.

Ölhaltige Mittel sind teer- oder mineralöhlhaltige Präparate oder lösemittelhaltige Ölpräparate (Tabelle 4). Reine Teerölpräparate werden hauptsächlich im Freien angewendet (auch unter Wasser). Je nach Verwendungszweck sind Auftragsmengen zwischen 65 bis 150 kg/m³ üblich. Teerölpräparate dürfen nicht in Räumen, die zum Aufenthalt von Menschen, Tieren oder Lebensmitteln dienen verwendet werden.

Lösemittelhaltige Ölpräparate mit Bioziden (z.B.: Pentachlorphenol, Pentachlorester, Pentachloramine oder zinnorganische Verbindungen) sind zum Teil in der Verarbeitung stark umweltschädigend (meist nur bis das Lösemittel verflüchtigt ist); sie werden sowohl innen (pentachlorphenolhaltige Mittel sind in Wohnräumen verboten) als auch außen, jedoch nicht im Wasser eingesetzt. 90 % aller in der BRD im Handel befindlichen Präparate enthalten 5-6 % Pentachlorphenol. Als Verunreinigung können Dioxine und Dibenzofurane enthalten sein. In Österreich wie in der BRD wurde Pentachlorphenol inzwischen vollständig verboten (Verbot auf Basis des Chemikaliengesetzes BGBl 1991/58).

DDT und HCH (bis auf Lindan) sind seit 1972, PCB seit 1978 in der BRD verboten. Auch in Österreich sind diese Mittel nicht mehr zugelassen. Heute werden meist Mittel mit Kombinationswirkung angewendet. GREIFF (1990) bedauert die nur lückenhafte Information über das Verhalten von Holzschutzmitteln in Boden und Grundwasser. Er stuft sie im Allgemeinen - zumindest vor der Verarbeitung - stark wassergefährdend ein. In Lösemitteln sieht er bei Altholz kein Problem. Sehr wohl Beachtung verdienen jedoch Holzschutzmittel in den bei der Verarbeitung anfallenden Resten (Sägespäne). Die Reste müssen aufgefangen und entsorgt werden; ein Verbrennen auf der Baustelle ist nach GREIFF (1990) in der BRD bzw. nach GRAF (1991) in der Schweiz (Entwurf zur Luftreinhalteverordnung, 1990) verboten. Da viele Hölzer bereits bei der forstlichen Einbringung (Schlägerung, Abtransport aus dem Wald) mit Bioziden behandelt werden, ist besonders bei Importholz auch mit hierorts nicht erlaubten Mitteln zu rechnen.

Über das Auswaschverhalten von Holzschutzmitteln gibt es eine Arbeit von WÄLCHLI (1975). Er hat bei Laborversuchen zur Beurteilung des Alterungsverhaltens Auswaschverluste festgestellt. Bei Chrom-Kupfer-Arsen-Salzen fand er 9,3 % Arsenauswaschung; ein Chrom-Kupfer-Bor-Salz verlor 95 % Bor und aus einem Chrom-Kupfer-Fluor-Salz entwichen 62 %

Fluor. Man beachte allerdings die wahrscheinlich nur geringen Frachten - Bezogen auf die Gesamtmasse an Altholz.

GRAF (1991) schätzt die Belastung durch Wirkstoffe aus Holzschutzmitteln bei Altholz durch Auslaugung, Verdunstung, photochemischen und biologischen Abbau wesentlich geringer ein als bei frisch behandeltem Holz. YOSHIMURA (zitiert bei GRAF 1991) konnte nachweisen, daß Permethrin bei der Verrottung bei 26 °C innerhalb von 3 Wochen zu 50% abgebaut wird. Untersuchungen an Altholzhackschnitzeln (7 Einzelproben) zeigten, daß PCP und Lindan weitgehend abgebaut sind. Vom theoretischen Sollwert (Annahme: alles Holz wurde bei der Herstellung behandelt, es erfolgte kein Abbau) wurden lediglich Bruchteile - bei PCP 0,4 bis 3,9 mg/kg bei einem theoretischen Wert von 600 bis 2.400 mg/kg, bei Lindan n.n. bis 2,6 mg/kg bei einem theoretischen Wert von 140 bis 600 mg/kg - gefunden.

4.2.2 Pigmente in Anstrichen

Von großer umweltrelevanter Bedeutung können auch Pigmente in Anstrichen sein (GREIFF, 1990). Die besonders kritischen Verbindungen der Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom und Zink werden seit einiger Zeit in Bautenanstrichstoffen (zumindest in der BRD) nicht mehr eingesetzt. In älteren Lacken können größere Mengen an Schwermetallen enthalten sein. Vor allem anorganische Pigmente enthielten Pb, Zn, Cd, in Verbindung mit Cr und Mo. Starke Verbreitung hatten in der BRD (wahrscheinlich auch in Österreich) Bleichromat und Bleimolybdat für Gelb- und Rottöne.

Der jährliche Metallverbrauch für diese Farbpigmente in der BRD lag Anfang der 80er Jahre bei 5000 bis 6000 Tonnen. Bleicarbonat (weiß) wurden einige hundert Tonnen verbraucht, Cadmiumsulfid (gelb bis rot) ca. 20 Tonnen. Die oben angeführten Mengen sind der Gesamtverbrauch an Farbpigmenten, gelten also nicht alleine für Holzanstriche.

Ein Großteil dieser Pigmente ist heute nicht mehr in Verwendung. Die Zusammensetzungen - vor allem die Rezepturen - der heute verwendeten organischen Pigmente sind allerdings weitgehend unbekannt; zumindest in der BRD müssen nicht alle kritischen Inhaltstoffe gekennzeichnet sein (z.B. Bleichromat), sodaß ihr (Wieder-)Auftreten nicht ausgeschlossen werden kann.

4.2.3 Klebemittel und Harze

Als Klebemittel dienen heute meist Leime auf Kunststoffbasis, die mit oder ohne Erwärmung unter Preßdruck erhärten. **Organische Klebemittel** liegen im Altholz in polymerer Form vor; dadurch sind sie gegenüber Boden und Feuchte relativ stabil. Die für Klebstoffe verwendeten Konservierungsmittel sind in Tabelle 7 (PÖSCHL, 1987) zusammengestellt.

Spanplatten für die Anwendung unter Witterungseinfluß werden mit Phenolharzen verklebt. Zusätzlich sind sie meist mit gängigen Holzschutzmitteln versehen. Wie die mit Aminoplasten gebundenen Platten enthalten sie Formaldehyd; durch die feste Einbindung im Harz emittieren sie aber wesentlich weniger in die Umwelt. Auch Brandschutzmittel werden fallweise (Anteil bis 10%) zugemischt.

Alte Spanplatten können als Leimzusatz Ammoniumchlorid enthalten. Beim Verbrennen ist dadurch Dioxinbildung nicht auszuschließen. Heute ist Ammoniumchlorid durch Ammoniumsulfat ersetzt. Sowohl Ammoniumchlorid, als auch Ammoniumsulfat werden bei Kontakt mit Wasser teilweise ausgewaschen.

Anorganische Klebmittel wie Zement, Gips, Magnesit stellen im Allgemeinen keine Gefahr für Böden dar. Sie geben auch keine Schadstoffe an die Raumluft ab.

4.3 Übersicht über heute verwendete Holzschutzmittel

Tabelle 3:

Wasserlösliche Schutz- und Bekämpfungsmittel gegen Fäulnisschäden und Vorbeugemittel gegen Insektenbefall an bearbeitetem Holz

Bezeichnung	Hauptbestandteile ¹⁾	Eigenschaften ¹⁾	Umweltverhalten	Anwendungsgebiete ¹⁾
SF-Salze	Silicofluoride	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend) Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	Innenausbau
HF-Salze	Hydrogenfluoride	gegen Pilze und Insekten (vorb. + bekämpfend), Streichen, Sprühen, Tauch	giftig	Innen + Außen ohne Erdfeuchtekontakt
B-Salze	anorgan. Borverbindungen	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend) Streichen, Sprühen, Tauchen	gilt als unbedenklich	Innenausbau
CF-Salze	Alkalifluoride Alk.chromate	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend) Alk.chr.auch Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	Innen + Außen ohne Erdfeuchtekontakt
CFA-Salze	wie CF + Arsenate	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend)	sehr giftig	nur Außen, auch mit Erdfeuchtekont.
CK-Salze	Chromate, Cu-Salze,	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend)zum Teil auch Streichen, Sprühen, Tauchen	z.Teil giftig	Innen + Außen mit Erdfeuchtekontakt
CKA-Salze	wie CK + Arsenate	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend)	sehr giftig	Innen + Außen, auch bei extr. Beanspruchung
CKB/CKF	Cu-, Alk.salze + Borate bzw. Fluoride	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend)Alk.chr. auch Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	Innen + Außen, auch bei extr. Beanspruchung
CFB-Salze	Borfluoride, Alkalichromat	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend) Alk.chr. auch Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	Innen + Außen ohne Erdfeuchtekontakt

¹⁾ Quellen: KNOBLAUCH H. und SCHNEIDER U.: "Bauchemie" Wernerverlag 1987 und HENNING O.und KNÖFEL D.: "Baustoffchemie" Bauverlag 1989

Tabelle 4:
Ölige Schutz- und Bekämpfungsmittel gegen Fäulnisschäden und Vorbeugemittel gegen Insektenbefall an bearbeitetem Holz)

Bezeichnung	Hauptbestandteile ¹⁾	Eigenschaften ¹⁾	Umweltverhalten	Anwendungsgebiete ¹⁾
Teerölpräparate	reine Teerölpräp. (Carbolineum)	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend, nur bei Tiefenbehandlung) Streichen, Sprühen, Tauchen	toxisch, karzinogen wegen polyzykl. aromat.	Außen, auch bei extremer Beanspruchung
	Steinkohleteer destillate mit Zusätzen	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend) Streichen, Sprühen, Tauchen	Kohlenwasserstoffe	Außen
Lösemittelhaltige Präparate				
bindemittelfrei	Fungizide, Insektizide in organischen Lösemitteln	gegen Pilze und Insekten (vorbeug. + bekämpfend) Streichen, Sprühen, Tauchen	Wirkstoffe teilweise sehr giftig	Innen + Außen ohne Kontakt zu Erdfeuchte
bindemittelhaltig, pigmentfrei	wie oben + Bindemittel	gegen Pilze und Insekten (vorbeug. + bekämpfend) Streichen, Sprühen, Tauchen	wie oben	Innen + Außen ohne Kontakt zu Erdfeuchte
farbig, pigmentiert Lasuren	wie oben + Pigmente	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend) Streichen, Sprühen, Tauchen	wie oben	Innen + Außen ohne Kontakt zu Erdfeuchte
Sonderpräparate für Anwendung in Anlagen	Fung., Insekt. in organischen Lösemitteln, meist auch Bindemittel	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend), Streichen, Tauchen, Spritzen in stationären. Anlagen	wie oben	Innen + Außen ohne Kontakt zu Erdfeuchte
Insektenbekämpfungsmittel	Insektizide in organischen Lösemitteln	gegen Insekten (vorbeug. + bekämpfend) Streichen, Sprühen, Tauchen	wie oben	Innen + Außen ohne Kontakt zu Erdfeuchte

¹⁾ Quellen: KNOBLAUCH H. und SCHNEIDER U.: "Bauchemie" Wernerverlag 1987 und HENNING O. und KNÖFEL D.: "Baustoffchemie" Bauverlag 1989

Tabelle 5:
Präparate für besondere Anwendungsgebiete

Bezeichnung	Hauptbestandteile ¹⁾	Eigenschaften ¹⁾	Umweltverhalten	Anwendungsgebiete ¹⁾
Öl-Salz-Gemische	Fluoride u.a.	gegen Pilze und Insekten (vorbeugend)	giftig	Außen ohne Erdkontakt Pfähle, Masten
Schwamm-bekämpf.-mittel	chlorierte Pheno-le, Pasten	gegen Pilze und Insekten (vorb.+ bekämpfend), Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	Mauersanierung, nicht Innen wenn Pentachlorphenol enthalten ist
Pilzbek.-mittel	Fungizide	gegen Pilze	z. Teil giftig	f. Holzwerkst., Leimlös. zugem.
Insekten-bekämpf.-mittel (wasserlös)	Hydrogen-fluoride	gegen Pilze und Insekten (vorb.+ bekämpfend), Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	Innen + Außen ohne Erdkontakt, auch Stallungen
Insekten-bekämpf.-mittel (ölig)	organische Insektizide in org. Lösem.	Insekten (vorbeugend + bekämpfend) Streichen, Sprühen, Tauchen	giftig	nicht in geschlossenen Räumen für Lebewesen und Lebensmittel

¹⁾ (Quellen: KNOBLAUCH H. und SCHNEIDER U.: "Bauchemie" Wernerverlag 1987 und HENNING O. und KNÖFEL D.: "Baustoffchemie" Bauverlag 1989)

Tabelle 6:
Flammschutzmittel

(Quellen: KNOBLAUCH H. und SCHNEIDER U.: "Bauchemie" Wernerverlag 1987 und HENNING O. und KNÖFEL D.: "Baustoffchemie" Bauverlag 1989)

Verhalten im Feuer	Flammschutzwirkung	Chemikalien
Salze verdampfend, schmelzend	Wärmeentzug durch Freiwerden von Wasser	kristallwasserhaltige und leichtflüchtige Salze
Chemische Zerfallsprodukte	Löschgase: CO ₂ , SO ₂ , NH ₃ , Förderung der Holzkohlebild., Isolierung, Schutzschicht aus dem Holz	Ammoniumverbindungen, Hydrogencarbonate u. -sulfate, Ammonphosphate, Alkalisalze, Borate, Ammonphosphate
Schaumbildende Mittel (Bildung von Schaumschichten)	Schutzschicht aus dem Mittel	organ. (N-halt.) Verbind., z.B. Harnstoff oder Dicyandiamid, stets in Kombination mit Kohlenhydraten und Phosphaten

Tabelle 7:

Toxizitätszahlen zur Beurteilung technischer Konservierungsmittel

(Quelle: PÖESCHL E. und KÖHLING A.: Emissionen organischer Verbindungen aus Klebstoffen. Forschungsbericht 104 08 148 i.A. des Umweltbundesamtes. Frankfurt 1987)

Konservierungsmittel	LD ₅₀ mg/kg	Reizung	Sensibilisierung	Mutagenität Ames-Test
Formaldehyd	800	Schleimhaut	möglich	negativ
N-Formale z.B. Hexahydrotriazin	1200	keine bei Gebrauchskonzentration	kein Effekt	nicht mutagen
Oxazolidine z.B. 4,4 Dimethyl- 1,3-oxazolidin	950	keine bis 5000 ppm	keine bei Gebrauchskonz.	nicht mutagen
2-Chloracetamid	138	keine bis 10 %	keine	negativ
Isothiazoline z.B. 1,2-Benzisothiazol- 3-on	900-1200	stark	sensibilisierend	keine Angabe
p-Chlor-m-Kresol	4000 (Maus)		keine (Meerschw.)	keine Angabe
o-Phenylphenol *)	2480	keine		keine Angabe
1,2-Dibrom-2,4-dicyanobutan	541	Haut: mäßig Augen: stark	keine Angabe	keine Angabe
2,6-Dimethyl-1,3-dioxan-4-ol-acetat	1900	kein Effekt (1%)	keine Angabe	keine Angabe
Tributylzinnbenzoat	99/203	stark	nein	negativ
Benzoessäure *)	1700	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Sorbinsäure *)	7350	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe

*) Diese Konservierungsmittel finden auch für Lebensmittel Verwendung

5. BAU- UND ABBRUCHHOLZMASSEN

Bauholz und Abbruchholz inklusive. Holz aus Baustellenabfällen:

Schätzung 1989 (BAWP 1992): 250.000 t/a
 Schätzung 1992: 180.000 bis 420.000 t/a

Bauholz und Abbruchholz nur aus Abbruchschutt: 115.000 bis 360.000 t/a
 Holz aus Baustellenabfällen: 65.000 bis 100.000 t/a

An Holzabfällen (inklusive Holzemballagen, Abfällen aus der Holzverarbeitenden Industrie) fallen in Österreich laut BAWP 1992 jährlich insgesamt ca. 1.350.000 t an.

5.1 Massenabschätzung

5.1.1 Grundlegende Daten

Österreich: In Österreich wurden 1987 ca. 120.000 m³ Bau- und Schalholz verbraucht; dazu kommt noch eine unbestimmte Menge an Holzwaren (Fenster, Türen usw.). Bundesweite Erhebungen über das Aufkommen von Baurestmassen stehen leider nicht zur Verfügung, sodaß die Mengen nur grob abgeschätzt werden können.

Wien: Im Bezugsjahr 1988 fielen in Wien (entsorgtes Einzugsgebiet ca. 1,6 Mio Einwohner) 4,15 Mio m³ oder 6,1 Mio Tonnen Baurestmassen an; 1986 waren es 6,3 Mio Tonnen (GUA, 1988). Davon waren ca. 9,5 % oder 0,6 Mio Tonnen Abbruchschutt (mineralisches + organisches) und ca. 8,8 % oder 0,55 Mio Tonnen Baustellenabfälle. Der Holzanteil wurde nicht ausgewiesen. Zu den Baustellenabfällen (=während des Baubetriebes anfallende Abfälle) werden in dieser Studie auch sämtliche durch Mietmulden erfaßten Baurestmassen gezählt - also ein Großteil des bei Renovierungsarbeiten und Kleinbaustellen anfallenden Schuttes. Muldenschutt ist meist stark verunreinigt (Sperrmüll) da die Mulden oft unbeaufsichtigt aufgestellt werden müssen.

5.1.2 Holz aus dem Abbruchschutt

Eine Massenbilanz ausgewählter Bauwerke (LECHNER et al, 1991) ergab für ein 1982 errichtetes Schulgebäude einen Holzanteil von 0,8 %. Der Dämmstoffanteil lag bei 1,3 %. Ein 1989 errichteter Industriebau enthielt 2,4 % Holz. In älteren Gebäuden ist allerdings mit höheren Holzgehalten zu rechnen.

Im Abbruchschutt (mineralische + organische Abbruchmaterialien) sind nach Literaturangaben bis zu 10 % Holz enthalten (IP-Bau, 1991 und KREIDLER U. SUTER 1989). Aus der bei BILITEWSKY (1990) angegebenen Zusammensetzung eines 1972 in der BRD errichteten Hauses ergibt sich aus eigenen Berechnungen ein Holzanteil von 6,0 Gew.%. BILITEWSKY (1990) nennt für die BRD 23 Mio t Abbruchschutt pro Jahr (d.s. ca. 1,4 Mio t Abbruchholz/a) oder 0,25 t/E.a (das sind 15 kg Abbruchholz/E.a). PLATTNER (1990) schätzt den jährlichen Abbruchschuttanfall in Südtirol auf 0,3 t/E.a (d.s. 18 kg Abbruchholz/E.a), für Wien ermittelt er ca 0,4 t/E.a.

Aus den oben genannten Zahlen ergeben sich für Österreich 1,9 Mio t bis 3,0 Mio t Abbruchschutt. Der aus den Wiener Zahlen hochgerechnete Wert von 3,2 Mio t/a ist sicher als oberer Grenzwert anzusehen. Eigene Abschätzungen ("Abfallwirtschaft I" Vorlesungsunterlagen 1990/91) ergeben ca. 2,8 Mio t pro Jahr. Damit ergibt sich ein geschätzter Abbruchholzanfall von 115.000 bis 320.000 t pro Jahr. BRANDSTÄTTER (1993) schätzt den Anfall an Bau- und Abbruchholz auf 360.000 t/a. Eine mögliche Erklärung für die Differenz zwischen der von BRANDSTÄTTER und in der hier vorliegenden Studie abgeschätzten Mengen an Bau- und Abbruchholz besteht darin, daß das Holz oftmals privat in Einzelheizungen genutzt wird und somit nicht erfaßt wird. In einigen Bundesländern (z.B.: in Niederösterreich und Salzburg) wurde inzwischen die Verbrennung von Spanplatten in privaten Feuerungsanlagen (in Haushalten) verboten.

5.1.3 Holz aus den Baustellenabfällen

(hier sind vorwiegend Muldenabfälle - mit hohem mineralischen Anteil - gemeint)

Die in der Studie der GUA (1987) angeführten Baustellenabfallmengen können nicht ohne weiteres auf Gesamtösterreich hochgerechnet werden. Mit den Mulden werden auch erhebliche Mengen an Bauschutt entsorgt. Bundesweite Erhebungen liegen leider noch nicht vor; die Baustellenabfallmenge wird auf ca 0,2 bis 0,3 t/E.a geschätzt (BANSCH, PLATTNER, 1991), wodurch sich ca 1,5 bis 2,5 Mio t Baustellenabfälle/a ergeben.

Baustellenabfälle enthalten um die 5 % Holzanteil. Betreiber von österreichischen Bauschutt-recyclinganlagen geben bis zu 10 % an, wobei nicht ganz sicher ist, ob es sich dabei um reine Baustellenabfälle handelt. Der Bundesfachverband der deutschen Entsorgungswirtschaft beziffert den Holzanteil mit 4-8 %. In Düsseldorf (GUA 1987) fand man 1982 bei der Sortierung von Muldenmaterial 5,4 % Holz; 1985 ergab die Auswertung einer 7-monatigen Untersuchung einer Baustellenabfallsortieranlage (sortiert wurden 43.000 t Baustellenabfälle) 4,6 % Holzanteil (GUA 1987). Eine Niederländische Untersuchung (EERLAND, 1992) ergab bei einem Anfall von 7.450 kg Bauabfällen je Wohneinheit einen Holzanteil von 5,4 %. In der "Wiener Muldenzentrale" wurden 1987 in 3 Monaten aus 42.000 m³ in Mulden gesammeltem Material 1 % Holz aussortiert (GUA 1987).

Bei 5 % Anteil der Baustellenabfälle (ca 1,5 Mio Tonnen/a) an den Gesamtbaurestmassen und 5 % Holzanteil ergibt sich für Österreich eine Holzmenge von ca 75.000 t/a. Die aus den Daten von BANSCH und PLATTNER (1991) errechneten Baustellenabfallhöchstmengen (aus den sehr hohen Werten für Wien auf ganz Österreich hochgerechnet) von 2,3 Mio t ergeben 120.000 t Holz/a.

BRANDSTÄTTER (1993) schätzt die Holzmengen in den Baustellenabfällen extrem hoch auf bis zu 165.000 t/a.

BILITEWSKY (1990) nennt für die BRD als Anfall von Baustellenabfällen 120 bis 200 kg/E.a (in ländlichen Gebieten geringere Menge als in den Ballungsräumen). Legt man einen mittleren Anfall von 170 kg/E.a zugrunde, so würden sich für Österreich 1,3 Mio t Baustellenabfälle ergeben. Bei 5 % Holzanteil ergeben sich 65.000 t/a.

Nach Eliminieren der unwahrscheinlich hoch erscheinenden Schätzwerte dürfte der Altholz-anfall aus Baustellenabfällen im Bereich zwischen 65.000 und 100.000 t/a liegen.

6. DERZEIT BESTEHENDE ZUORDNUNG VON BAU- UND ABBRUCHHOLZ ZU BEHANDLUNGSWEGEN NACH KATALOGEN, NORMEN, RECHTSVORSCHRIFTEN

6.1 Österreich

ÖNORM S 2100 - Abfallkatalog

Schlüssel-Nr.	gefährl. nach ÖNORM S2101*)	Abfallart	Vorgeschlagene Behandlungsart
17		Holzabfälle (allgemein)	
172		Holzabfälle aus der Anwendung	
17201		Holzemballagen und Holzabfälle, nicht verunreinigt	Deponie nach Konditionierung, thermisch
17202		Bau- und Abbruchholz	Deponie nach Konditionierung, thermisch
17203		Holzwohle, nicht verunreinigt	biologisch und Deponie nach Konditionierung, thermisch
17207		Eisenbahnschwellen	CP, thermisch nach Konditionierung
17208	(9)	Salzimpregniertes Holz	CP, thermisch nach Konditionierung
17209		Ölimpregniertes Holz	CP, thermisch nach Konditionierung
17211	(5,9,10)	Sägemehl, -späne, verunreinigt durch organische Chemikalien	CP, thermisch
17212	(9)	Sägemehl, -späne, verunreinigt durch anorganische Chemikalien	CP, thermisch und Deponie nach Konditionierung
17213	(5,9,10)	Holzemballagen, -abfall, -wohle, verunreinigt durch organische Chemikalien	CP, thermisch nach Konditionierung
17214	(9)	Holzemballagen, -abfall, -wohle, verunreinigt durch anorganische Chemikalien	CP, thermisch und Deponie nach Konditionierung
55513		Farben, Anstriche, ausgehärtet	Deponie nach Konditionierung, thermisch
55906		Leim- und Klebemittel, ausgehärtet	Deponie nach Konditionierung, thermisch
55908		Kitt- und Spachtelabfall, ausgehärtet	Deponie nach Konditionierung, thermisch
91206		Baustellenabfälle	therm. u. Deponie nach Konditionierung

*) ÖNORM S2101 "Katalog gefährlicher Abfälle" &/93 (noch nicht für verbindlich erklärt).

(5) entzündlich

(9) umweltgefährlich - Überschreitung der Eluatklasse IIIb

(10) umweltgefährlich - Überschreitung der Wassergefährdungsklasse I

ÖNORM B3002	Holzspanplatten; Arten und Anforderungen
ÖNORM B3005	Holzfaserplatten; Arten und Anforderungen
ÖNORM B3008	Sperrholzplatten; Arten und Anforderungen
ÖNORM B3453	Ausgangsstoffe für Steinholz; kaustisch gebrannter Magnesit
ÖNORM B3454	Ausgangsstoffe für Steinholz; Chlormagnesium
ÖNORM B3480	Gebundene Faserdämmstoffe für den Hochbau; Anforderungen und Prüfungen
ÖNORM B3801	Holzschutz; Grundlagen
ÖNORM B3802 T2	Holzschutz im Hochbau; vorbeugender chemischer Holzschutz
ÖNORM B3803	Schutz des Holzes von Fenstern, Fenstertüren und Türen durch den Hersteller; Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Verarbeitung
ÖNORM B3805	Flammschutzmittel für Holz und Holzwerkstoffe; Anforderungen und Prüfbestimmungen

6.2 BRD

TA-Abfall (10.4.90) Abfallbestimmungsverordnung

Schlüssel-Nr.	Abfallart	Vorgeschlagene Behandlungsart
17	Holzabfälle	
17213	Holzabfälle und -behältnisse mit schädlichen Verunreinigungen, vorwiegend organisch	Sonderabfallverbrennung, eventuell Hausmüllverbrennung
17214	Holzabfälle und -behältnisse mit schädlichen Verunreinigungen, vorwiegend anorganisch	Sonderabfalldeponie, eventuell Hausmülldeponie
51504	Imprägnierabfälle	Untertagedeponie, Sonderabfalldeponie

6.3 Gesetze (Österreich)

Nach der Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien (BGBl Nr.259/1991) sind ab 1.1. 1993 Holzabfälle getrennt zu erfassen, wenn deren Anteil 5 t überschreitet.

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE SITUATION**7.1 Österreich**

Holz ist volumens- und gewichtsmäßig im Abbruchschutt und Baustellenabfällen neben dem Inertanteil die bedeutendste Fraktion. Sie wird bei allen Abbruchschuttaufbereitungsaktivitäten erfaßt. Auch bei der Deponierung von Baurestmassen wird Holz meist aussortiert. Allerdings ist nur in den seltensten Fällen eine gewinnbringende Vermarktung möglich. Holz wird meist gratis abgegeben. Eine energetische Nutzung (Herstellung von Holzschnitzel) wird von den Betreibern von Sortieranlagen bevorzugt. Probleme bei der Verbrennung bereitet die Tatsache, daß unbehandeltes Holz kaum von behandelten zu unterscheiden ist, weshalb nur sehr schwer geeignete Verbrennungsanlagen (mit Rauchgasreinigung) für Abbruchholz zu finden sind. Daher werden heute noch große Mengen an Bau- und Abbruchholz deponiert. An Balkenholz besteht nur geringer Bedarf, die stoffliche Verwertung ist schwierig.

Abbruchschutt- und Baustellenabfallaufbereitungsanlagen werden heute hauptsächlich betrieben, um die Abfälle soweit aufzubereiten, daß ein möglichst großer Anteil auf Inertstoffdeponien als reiner (mineralischer) Bauschutt deponiert werden kann. Der finanzielle Anreiz ist in Wien durch gestaffelte Deponiegebühren gegeben. Je nach Abfallart sind pro Tonne Deponiegut zwischen 100.- und 3.200.- zu bezahlen.

Auszug aus den Deponietarifen der Gemeinde Wien (1992):

- Bauschutt (Deponieklasse I).....	100 ÖS/t
- Bauschutt vermischt mit Müll.....	3.200 ÖS/t
- Restmüll	2.200 ÖS/t
- Altholz.....	700 ÖS/t

Die unterschiedlichen Tarife zwischen Bauschutt vermischt mit Müll, Restmüll und Altholz sind naturwissenschaftlich nicht begründbar; sie fördern aber die Errichtung von Bauschuttaufbereitungsanlagen weil durch Trennung eine bedeutende Einsparung an Deponiekosten möglich wird.

Bauschuttaufbereitung

Eine Verwertung von Bauschuttfraktionen ist nur möglich, wenn eine ausreichende Trennschärfe erreicht wird. Nur "saubere" und sortenreine Fraktionen können als Rohstoffersatz dienen. Daher ist neben der üblichen Trennung mittels Zerkleinerungsaggregaten und Sieben eine weitere Qualitätsverbesserung notwendig. Die maschinelle Abtrennung von Leichtstoffen (Holz, Papier, Kunststoff) kann prinzipiell mit 2 Systemen erfolgen:

- Windsichter

Das Material muß in Einzelkörnern vorliegen; von unten her wird Luft eingeblasen, die die Leichtfraktion nach oben mitnimmt. Das Verfahren erfordert einen hohen gerätetechnischen Aufwand und hohe Energiekosten. Die Mehrkosten (gegenüber Zerkleinerung und Siebung) liegen laut GUA, 1987 bei ca. 6 öS/t Input .

– Naßsortierung

Das Material kommt in ein Wasserbad, die Leichtfraktion schwimmt auf. Mittels Düsen werden die Leichtstoffe abgespült und über ein Entwässerungssieb abgezogen. Das Spülwasser wird im Kreislauf geführt, Schlamm und Fremdstoffe müssen deponiert werden. Die Mehrkosten liegen bei ca. 11 öS/t Input (GUA, 1987):

Beide Verfahren liefern hinsichtlich Schwerfraktion (Inertmaterial) gleich gute Qualität; für eine weitere Verwertung der Leichtfraktion scheint die Windsichtung besser geeignet (das Material bleibt trocken). Beim Naßverfahren werden gleichzeitig anhaftende Stoffe (z.B. Erde auf Holz) abgewaschen. Eine händische Nachsortierung der Schwerfraktion ist in beiden Fällen unumgänglich.

In Wien wurden 1986 ca. 9,5 % des Abbruchschuttes wiederverwertet; der recycelte Holzanteil lag bei 1 % der Gesamtabbruchschuttmenge von 660.000 t. Das Holz fand teilweise als Bauholz Wiederverwendung; ein Großteil wurde als Brennholz verwendet, ein kleiner Teil ging in den Altholzhandel (GUA 1987).

Je nach Art des Abbruchholzes werden in jedem Einzelfall bestimmte Abnehmer angesprochen. Balken gehen in die Bauwirtschaft oder werden zu Brettware verarbeitet. Spezialkunden nehmen alte Decken und Wandvertäfelungen. Oft werden Abnehmer über Inserate gesucht. Die erzielten Erlöse sind unbedeutend. Deponieren kommt noch billiger.

Das Verbrennen von Abbruchholz erfolgt meist in Kleinanlagen (Hausbrand). Umweltprobleme können hier vor allem durch behandeltes Holz auftreten. Durch die unkontrollierte Verbrennung kann ein vollständiges Zersetzen der organischen Substanz nicht garantiert werden. Unverbrannte Bestandteile in den Aschen und Schadstoffaustrag sind zu erwarten.

In der "Wiener Muldenzentrale" (sie entsorgt ca. 40 % der in Wien anfallenden Baustellenabfälle = Organisches und Anorganisches) wird Altholz händisch aussortiert. Es werden 2 Holzfraktionen hergestellt und vermarktet (nähere Angaben über die Vermarktung werden nicht gemacht): eine Grobfraktion (>50 mm) mittels Schredder und eine Feinfraktion (30-50 mm) durch Häckseln des Schredderdurchganges. In geringen Mengen wird auch unzerkleinertes Holz vermarktet. Die Fa. TUC Consult AG in Zürich verzichtet auf eine gezielte Holzsortierung. In einem Windsichter wird nur die Leichtfraktion abgetrennt und einer thermischen Verwertung zugeführt.

7.2 Ausland

In der Schweiz fallen jährlich ca. 900.000 t Holzabfälle (=100%) an (BÖHLEN, 1992). Davon sind 377.400 t Bauteile und 96.600 t Bauhilfsstoffe. Der Rest setzt sich aus Möbeln, Holzwaren und Verpackungsmaterial zusammen. Derzeit werden 52.800 t (ca. 6%) recycelt, 163.200 t (ca. 18%) gehen in industrielle Kesselanlagen, 150.000 t (ca. 16%) werden für den Hausbrand verwendet. 143.000 t (ca. 15%) werden in Müllverbrennungsanlagen, 228.000 t (ca. 24%) auf Deponien entsorgt und 195.600 t (ca. 21%) werden illegal verbrannt.

In der Schweiz bezeichnet man Abfälle aus Umbaumaßnahmen als Bausperrgut. Es hat nur geringes Raumgewicht (0,35 t/m³). Der Anteil an Brennbarem beträgt ca. 25 Gew.%. In der Schweiz fallen jährlich 800.000 m³ Bausperrgut an. Von diesen 280.000 t könnten 70.000 t verbrannt werden. Damit blieben für die Deponie ca. 210.000 t/a. Die mögliche

Volumenseinsparung liegt sogar bei 50% (KREIDLER, SUTER, 1989). Die Deponiefraction erreicht die Anforderungen für Inertstoffdeponien allerdings knapp nicht. Wird die Sortierung verbessert, kann Inertstoffdeponiequalität erreicht werden. 100.000 t Feinstoffe können dann auf einer Monodeponie abgelagert werden. Wesentlich für dieses Konzept ist die Bereitstellung der benötigten Verbrennungskapazität. Steht diese nicht zur Verfügung, so nützt auch die Sortierung nichts.

In den Niederlanden gibt es ein flächendeckendes Netz von Bauschuttrecyclinganlagen. Vom Jahresanfall von ca. 14 Mio Tonnen werden 7 Mio Tonnen in Recyclinganlagen aufbereitet (EERLAND 1992). In den Anlagen wird nach der Anlieferung vorsortiert (grobes Material, auch Holz). Nach Sieb (Sandabtrennung), Magnet und Windsichtung (Papier, Plastik) wird nochmals händisch nachsortiert (Nichteisenmetalle, kleine chemische Abfälle, Gips, Holz und Steine).

7.3 Ist - Zustand und Stand der Technik der Verwertung.

7.3.1 Direkte Verwertung

Nicht mehr wiederverwendbare Bauteile (durch zu starke Beschädigung oder mangelnde Nachfrage) werden können stofflich verwertet werden. Balken können zu Brettern und Leisten verarbeitet werden. Von Vorteil für eine weitere Verarbeitung ist dabei die gute Austrocknung der Balken. Abnehmer sind vor allem Tischlereien, die auf den Nachbau alter Möbel spezialisiert sind.

7.3.2 Verwertung in der Spanplatten- und Baustoffindustrie

Naturholz kann nach heutigem Stand der Technik in großen Mengen unproblematisch in der Holzplattenindustrie zur Faserplatten- bzw. Spanplattenherstellung verwendet werden. In der BRD werden 20 % des Gesamtfrischholzverbrauches von der Faser- und Spanplattenindustrie verbraucht. In Österreich liegt der Holzverbrauch der Plattenindustrie zwischen 1 und 1,2 Mio t jährlich (BRANDSTÄTTER, 1993). Dabei wird das Holz zerkleinert, aufbereitet und zu Holzplatten verpreßt. Zur Faserplattenerzeugung kann allerdings nur gesundes Material (nicht von Pilzen oder Bakterien befallen) verwendet werden, das frei von Fremdstoffen (Metallteile, Sand) ist, weshalb mit hohem Aufbereitungsaufwand zu rechnen ist. Die spanplattenerzeugende Industrie verwendet Abbruchholz jedoch nur ungern, weil eine mögliche Schadstoffbelastung des Endproduktes nicht ausgeschlossen werden kann.

Nach STIER (1993) können nur ca. 10% des Altholzes wieder im Produktionsprozeß verwendet werden; der Rest wird thermisch verwertet. Diese begrenzte Wiederverwendbarkeit ist durch die physikalischen Eigenschaften des Holzes und durch das mangelnde Wissen über die in der Erzeugung verwendeten Inhaltsstoffe bedingt.

Vor einer Verwertung des Altholzes in der Spanplattenindustrie sollten lackierte und beschichtete Holzteile entfernt werden. Günstig ist eine Trennung schon am Anfallort. Auch wenn Beschichtungen und Lacke in geringen Mengen den Produktionsprozeß nicht stören, werden sie von den Spanplattenerstellern vor allem wegen einer möglicherweise darunter befindlichen Imprägnierung nicht verwendet (Kontamination des neuen Produktes). Auch Spanplattenreste oder Holzleimbinderreste stören den Prozeßablauf nicht; allerdings muß der damit eingetragene Bindemittelanteil berücksichtigt werden. Die Bindemittelanteile in Spanplatten liegen zwischen 5 und 10 % vom Holzanteil. Wichtig ist, daß der Eichen- und

Buchenholzanteil nicht zu hoch wird (DEPPE 1991). Teerimprägniertes und thermoplastbeschichtetes (verklebt die Pressen) Holz muß aussortiert werden.

Holzschutzmittel stören den Produktionsprozeß nicht; flüchtige Komponenten sind durch das hohe Lebensalter des Abbruchholzes nicht mehr zu erwarten. Endgültige Aussagen über das Gefahrenpotential durch Holzschutzmittel sind aber erst nach Emissionsmessungen an aus kontaminiertem Altholz hergestellten Spanplatten möglich. Imprägniermittel und Brandschutzmittel werden je nach Verwendungszweck manchmal auch bei der Herstellung von Spanplatten und Holzfaserplatten zugesetzt.

Grenzen im Altholzeinsatz (DEPPE, 1991) sind durch die hohen Aufbereitungskosten gegeben; in der BRD kostet eine Tonne Hackschnitzel aus Altholz ca. 1.100 ÖS (vor allem die Fracht- und Anlieferungskosten schlagen sich zu Buche); Hackschnitzel aus Frischholz werden unter 1.000 ÖS pro Tonne angeboten (teilweise aus den Tropen und Subtropen).

FEHRING (1984) beschreibt eine Altholzaufbereitungsanlage, in der Fremdstoffe abgeschieden werden können. In einem ersten Arbeitsschritt wird das Altholz vorsortiert und in einem Vorbrecher geschreddert. Vor dem weiteren Zerspanen müssen Störstoffe entfernt werden. Dies geschieht händisch. Nach der Spanung oder Vermahlung (je nach Verwendungszweck) wird das Material gesiebt, um Fein- und Sandteile abzuscheiden.

KOSSATZ (1984) beschreibt ein Verfahren zur Herstellung gipsgebundener Holzspanplatten. Nach einem Patent der Fa. Bison-Werke, Springe BRD werden im Halbtrockenverfahren feuchte Holzspäne und Gips gemischt; das Hydratationswasser kommt aus den Holzspänen. Vorteile gegenüber herkömmlichen Gipsplatten sind der geringe Anfall von Überschußwasser (15 % gegen 45-55 %) und die Einsparung an Trocknungsenergie. Gegenüber kunstharzgebundenen Spanplatten ist vorteilhaft, daß die Holzspäne nicht getrocknet werden müssen, daß keine Wärmezufuhr beim Pressen erforderlich ist und daß kein Formaldehyd enthalten ist. Verwendet werden können die Platten im Innenausbau und eventuell zur Möbelherstellung, wenn erhöhter Brandschutz gefordert wird (Hoteleinrichtungen). Die Platten sind billiger als herkömmliche Gipsfaserplatten und kunstharzgebundene Spanplatten. Ob Altholz eingesetzt werden kann wird nicht beschrieben. Bei einer späteren Entsorgung können diese Produkte allerdings Probleme verursachen; durch reduzierende Bedingungen bei der Ablagerung sind durch den enthaltenen Gips Geruchsemissionen möglich.

Weitere Einsatzgebiete sind Füllstoffe für Isolierzwecke und die Herstellung von Holzbeton. Gehäckseltes Holz wird mit mineralischen Anteilen vermengt und zu Bausteinen verarbeitet.

7.3.3 Verwertung in der Papier-, Zellstoff- und chemischen Industrie

Die heute angewandten Verfahren benötigen frische (Alterung führt zu einer Veränderung der Fasereigenschaften), sortenreine (getrennt nach Fichte, Tanne usw.) Holzfasern, weswegen Altholz von der Papier- und Zellstoffindustrie als Frischholzersatz nicht akzeptiert wird. Durch niedrige Frischholzpreise besteht kein Anreiz zur Entwicklung neuer Technologien. Sehr wohl denkbar erscheint seitens der Papier- und Zellstoffindustrie eine thermische Verwertung von Abbruchholz.

Weitere zukünftige Anwendungsgebiete könnten sich in der chemischen Industrie, der Stahlindustrie (Einsatz von Holz als Reduziermittel ist in den USA schon üblich) und in der Holzkohleherstellung ergeben.

7.3.4 Biotechnische Verwertung

Prinzipiell kann Holz auch für die Nahrungsmittelproduktion (Herstellung von Mikroorganismenmasse SCP = single cell production) und Ethanolproduktion als Ausgangsstoff eingesetzt werden (CRUEGER, 1989). Die Ausgangsmaterialien müssen allerdings physikalisch und chemisch vorbehandelt werden, weil Zellulose immer mit Lignin, Hemizellulosen, Stärke, Protein und Salzen vermischt ist. Beispielsweise können Cellulosen mit Hilfe von Cellulasen zu fermentierbaren Zuckern abgebaut werden. Bedingt durch die mögliche Schadstoffbelastung scheidet Bauholz für die Nahrungsmittelproduktion aus; wieweit Holzzusatzstoffe (Holzschutzmittel, Klebemittel, Beschichtungen und Anstriche) den Prozeß bei der Ethanolproduktion stören muß abgeklärt werden. Auf Grund von Erfahrungen mit der Fermentation von Müll ist zu erwarten, daß eine "Adaption" der Bakterienkulturen an die holzspezifischen Begleitstoffe (z.B. Holzschutzmittel in Spuren) möglich ist.

BILITEWSKY (1990) schlägt die Verwendung als Zuschlagstoff (Strukturmaterial) bei der Kompostierung von Bioabfällen vor. Wegen der Gefahr einer Qualitätsminderung des Kompostes durch Schadstoffeintrag (beschichtete, lackierte, imprägnierte oder anderweitig vergütete Holzteile) kommt nur zerkleinertes Naturholz in Frage. Durch parallele Sammlung von Biotonne und Gartenabfällen (Baum- und Strauchschnitt) steht für die Kompostierung in der Regel genügend Strukturmaterial zur Verfügung. Die abzusetzenden Holzhäckselmengen sind daher wahrscheinlich jahreszeitlich bedingt schwankend und in Summe nicht allzu groß. Wegen der eventuellen negativen Beeinträchtigung der Kompostqualität ist Bauholz unserer Meinung nach für eine gemeinsame Kompostierung mit Biotonnenmaterial nicht geeignet. Vorstellbar hingegen ist die Verwendung von Altholz als Strukturmaterial bei der Klärschlammrotte (zur Rekultivierung von Deponien oder als Vorbehandlung vor einer Deponierung - zumindest bis zum Auslaufen der in der Deponieverordnung vorgesehenen Übergangsbestimmungen für die Deponierung von organischen Abfällen).

7.3.5 Energetische Verwertung

Die Möglichkeit der energetischen Nutzung von Abfallholz sind verstärkt zu prüfen. Der untere Heizwert von Holz liegt bei etwa 14.600 kJ/kg (Steinkohle 28.500; Dieselöl bzw. Heizöl 42.000 kJ/kg). Prinzipiell ist die Verbrennung von Altholz in Müllverbrennungsanlagen mit weitergehender Rauchgasreinigung (Einhaltung der Emissionsgrenzwerte) möglich. Die GUA (1987) kommt jedoch zu dem Schluß, daß eigene Verbrennungsanlagen für Holzabfälle (aus Baubranche aber auch aus anderen Branchen) errichtet werden sollten. In diesen Anlagen sollte ausschließlich Holz (kein Müll) verbrannt werden. Damit ist das Abstimmen des Verbrennungsprozesses auf einen definierten Brennstoff möglich; der Schadstoffaustrag kann dadurch minimiert werden. Möglicherweise läßt sich dadurch auch die Akzeptanz solcher Anlagen bei den Anrainern verbessern.

Die Zugabe von stark chlorhaltigen Substanzen zur Holzwerkstoffherstellung ist heute nicht mehr üblich. Durch die früher übliche Verwendung dieser Mittel kann aber die Dioxinbildung bei der Verbrennung nicht ausgeschlossen werden. Problematisch sind vor allem Spanplattenreste, Thermoplastbeschichtungen und Holzschutzmittel. Guter Ausbrand, gute Entstaubung und thermische Nachbehandlung vermindern die Dioxinbildung; bewährt haben sich Rostfeuerung mit Ascherückführung. Daher darf Altholz nur in Anlagen mit Abgasreinigung verbrannt werden; Hausbrand eignet sich nur für unbehandeltes Holz.

Die thermisch verwertbaren Altholzmengen werden im Wesentlichen durch die zur Verfügung gestellten Verbrennungskapazitäten begrenzt. Einschränkungen können sich weiters durch die Entsorgung der in Verbrennungsanlagen anfallenden Reststoffe ergeben.

Anlagen zur thermischen Verwertung und/oder Entsorgung von Bau- und Abbruchholz sollen einen gleichmäßigen Ausbrand gewährleisten (z.B. Kontrolle der CO-Konzentration des Abgases) und über Einrichtungen für eine weitestgehende Entstaubung der Abluft verfügen. Holzfeuerungen sollen im Bereich der Nennlast betrieben werden, damit ein hoher Ausbrand erreicht wird. Auf die Verwendung von Bau- und Abbruchholz in der Aufheizphase - vor dem Erreichen der optimalen Temperatur - sollte generell verzichtet werden.

Grundsätzlich können bei der Verbrennung von Altholz zusätzliche Emissionen im Rohgas (ungereinigten Abgas) nicht ausgeschlossen werden, weil:

- a) Lacke, Beschichtungen, Kunststoffharze und andere Holzzusatzmittel eine andere Verbrennungsscharakteristik aufweisen als Holz alleine. Bei nicht ausreichender Temperatur oder Sauerstoffversorgung werden Kunststoffe rasch pyrolysiert; dabei können organische Schadstoffe (PAK etc.) emittiert werden. Holzwerkstoffe können jedoch aufgrund des Ammoniumgehaltes sogar besseres Ausbrandverhalten zeigen als Stückholz (MARUTZKY, 1992).
- b) Weil im Altholz stets Metallteile und -verbindungen in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten sind.
- c) Weil der Chlorgehalt von Holzwerkstoffen bzw. von Bau- und Abbruchholz nicht vernachlässigbar ist. (GRAF, 1991; siehe auch Abschnitt 3)
- d) Ganz allgemein, weil Verunreinigungen durch die Nutzung der Abbruchobjekte, aus dem das Altholz stammt, aber auch durch die Sammlung und Aufbereitung möglich sind. Bau- und Abbruchholz, welches in Sortieranlagen abgetrennt wurde, weist einen höheren Schadstoffgehalt auf als Bau- und Abbruchholz aus Mulden (GRAF, 1991).

Die Holzschutzmittel-Gesamtbelastung und die Gefahr zusätzlicher Emissionen ließe sich minimieren, wenn es gelingt imprägnierte Hölzer vor der Zerkleinerung auszusortieren. In Österreich werden derzeit überwiegend optisch erkennbare Imprägnierungen verwendet. Sowohl Carbolineum (schwarz) als auch CCA- und CKA- Imprägnierungen (grünstichig-bläulich) sind optisch erkennbar; außerdem werden imprägnierte Hölzer nur beschränkt verwendet.

In Österreich wurden für Anlagen zur thermischen Verwertung von "Holz, Torf, Hackgut, Rinde oder Holzresten" mit einer 150 kW übersteigenden Wärmeleistung im § 19 der Luftreinhalteverordnung (BGBl. 19/1989) Emissionsgrenzwerte für CO, NO_x, Staub, unverbrannte organische Stoffe, Dioxine und Furane festgelegt. Diese Grenzwerte sind auch dann, wenn Altholz verbrannt wird, einzuhalten. Für Anlagen < 150 kW Wärmeleistung existieren derzeit keine einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen; eine Verordnung für Kleinfeuerungsanlagen besteht zur Zeit als Entwurf (SCHEIDL K., persönl. Mitteilung, März 1993).

Die Differenz zwischen der von BRANDSTÄTTER (1993) und in der hier vorliegenden Studie abgeschätzten Mengen an Bau- und Abbruchholz ist leicht erklärbar, wenn man bedenkt, daß das Holz oftmals privat in Einzelheizungen genutzt wird. In einigen Bundesländern wurde inzwischen die Verbrennung von Spanplatten in privaten Feuerungsanlagen (in Haushalten) ver-

boten. Es wäre neuerlich zu prüfen, ob dieses Verbot in Zukunft auch dann zweckmäßig ist, wenn in Österreich ausschließlich chlorfreie Holzwerkstoffe vertrieben werden.

In der BRD ist die Zukunft der Altholzschnitzelverbrennung ungewiß (TRAUMÜLLER 1988). Feuerungsanlagen für Holz in Verbindung mit Kunststoffen oder Holzschutzmitteln sind nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz genehmigungspflichtig und unterliegen damit den Anforderungen der TA-Luft. Hier sind verschärfte Emissionsbegrenzungen (im Wesentlichen für Staub und CO) vorgesehen. Probleme kann auch die Entsorgung der Asche bereiten. Bei der Verbrennung von Holzabfällen fallen nach MARUTZKY (1992) zwischen 1 und 5 % Asche an. Nach der TA Abfall ist für eine obertägige Lagerung der Abdampfückstand im Eluat (S4) mit 10 % begrenzt. Holzasche erfüllt bei strenger Auslegung der Grenzwerte nicht die Anforderungen für eine obertägige Ablagerung (DEPPE, 1991). Der hohe Abdampfückstand wird z.B. auch durch den Pottasche-Gehalt (K_2CO_3) der Asche verursacht. Eine Verwendung von Filterstäuben und Aschen aus der Holzverbrennung als Zuschlagstoffe in der Baustoffindustrie ist zu überlegen.

In der Schweiz ist die Entsorgung von mit Holzschutzmitteln behandeltem Holz sowie von Abbruchholz gemäß revidierter Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom März 1990 nur noch durch Verbrennen in "Kehrichtverbrennungsanlagen" oder in der Zementindustrie möglich (GRAF, 1991).

Die Herstellung von Heizgas scheint im Augenblick (solange fossile Energieträger kostenmäßig günstiger sind) unwirtschaftlich. Technisch möglich ist auch eine Verschwelung (Pyrolyse) mit anschließender Verbrennung des Schwelgases. Die Pyrolysegeräte sind entwickelt; in der Schweiz werden dem Verfahren gute Chancen eingeräumt. Emissionen und Wirkungsgrad liegen teilweise günstiger als bei herkömmlichen Verbrennungsanlagen (DEPPE, 1991). In der BRD (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg) wurde ein Verfahren zur Ligninverflüssigung ("Öl aus Holz") entwickelt; es ist allerdings noch kein wirtschaftlicher Betrieb möglich - das Öl ist doppelt so teuer wie Erdöl. Die durch die im letzten Absatz beschriebenen Verfahren verwertbaren Altholzmengen sind zur Zeit als gering einzuschätzen.

Verwertung in der Zementindustrie

Die Möglichkeiten des Einsatzes von Alternativbrennstoffen ist durch den Zementherstellungsprozeß beschränkt, bzw. führt die in der Zementindustrie angewandte unterschiedliche Technologie zu unterschiedlichen Substitutionsraten. Daher sind im Ausland gemachte Erfahrungen (z.B.: Schweiz, Reckingen) nicht unmittelbar auf Österreich übertragbar. Grundvoraussetzung für den Einsatz von Abbruchholz ist eine möglichst starke Zerkleinerung, um einen weitestgehenden Ausbrand in kürzestmöglicher Zeit sicherzustellen. Die starke Zerkleinerung ist auch aus Gründen einer genauen Dosierung - der Verbrennungsprozeß muß sehr genau geregelt werden können - notwendig. Derzeit bevorzugt die Zementindustrie Alternativbrennstoffe mit möglichst hohem Heizwert, z.B.: Altkunststoffe (möglichst PVC-frei) und Altöl (BRAUN, 1993).

Von der möglichen Schadstoffbelastung her könnte Chlor die Verwendung von Abbruchholz in der Zementindustrie ausschließen. Der tolerierbare Chlorgehalt liegt nach Aussage von BRAUN (1993) bei ca 0,1%.

Nach DEPPE (1991) werden in der Schweiz die zukünftigen Hauptentsorgungsmöglichkeiten für Altholz in der Spanplattenindustrie, in der Zementindustrie, anderen Industriezweigen und in der Holzvergasung gesehen. In der Schweiz will die Zementindustrie in Zukunft 50 % der

Kohle durch Altholz ersetzen (BÖHLEN, 1992). Bei den hohen Brenntemperaturen (i.M. 1350 bis 1500 °C) und der langen Verweilzeit in der Brennkammer (>3 bis 10 Sekunden) werden organische Schadstoffe zerstört. Anorganische Schadstoffe werden in den Zement eingebunden. Die bestehende Rauchgasreinigung ermöglicht minimalen Schadstoffausstoß. Im Zementwerk "Holderbank" in Reckingen erreicht der Elektrofilter einen Wirkungsgrad von 99,997. Ein weiterer Vorteil liegt nach BÖHLEN darin, daß praktisch kein Abfall entsteht; es gibt keine Schlacken, die Filterstäube werden wieder in den Brennraum gebracht und in den Zement eingebunden. Eine Umweltstudie ergab nur bei Blei die Möglichkeit einer Emissionssteigerung gegenüber reiner Kohlefeuerung (unter ungünstigster Annahme erhöht sich die Bleiemission um die von 20 PKW ohne Katalysator ausgestoßene Menge). Der Quecksilberausstoß würde sogar um 60 % sinken (BÖHLEN, 1992).

In Österreich wurden in den letzten Jahren jährlich etwa 5 Mio t Zement erzeugt. Bei der Zementherstellung müssen hohe Temperaturen erreicht werden, damit der Zementklinker die erforderlichen hydraulischen Eigenschaften aufweist. Durch die alkalische Reaktion des Zementklinkers werden einige potentielle Luftschadstoffe (z.B. Schwefelverbindungen) im Produkt gebunden und daher nicht emittiert; organische Verbindungen werden aufgrund der hohen Temperaturen zerstört. Seit über 10 Jahren werden daher in österreichischen Zement-Drehrohröfen auch Altreifen als Brennstoff verwendet. Zwei österreichische Zementfabriken haben den konventionellen Brennstoff Steinkohle auch teilweise durch Altöl (Schmieröl aus Kraftfahrzeugen) ersetzt.

In der österr. Zementindustrie thermisch verwertete Mengen:

Inländisches Altöl, jährlich (OGULIN, 1991; N.N., 1993):	26.000 t
Altöl, zusätzlich aus dem Ausland, 1993 (N.N., 1993):	5.000 t
Altreifen, jährlich (VÖZ, 1992):	37.000 t
Bau- und Abbruchholz, derzeit:	0 t

Den in Österreich hergestellten 5 Mio t Zement entsprechen ca. 4 Mio t Zementklinker jährlich. Die pro kg Klinker benötigte Primärenergiemenge beträgt derzeit in Österreich in der Praxis zwischen 3000 kJ/kg und 4000 kJ/kg; als Energieträger dienen meistens Steinkohlen, aber auch Heizöl schwer. Daraus ergibt sich, daß die österreichische Zementindustrie derzeit einen Energiebedarf aufweist, der einer jährlichen Masse von rund 500.000 t Steinkohle entspricht (Heizwert der Steinkohle: 28.500 kJ/kg). Der Vergleich zu den ca. 37.000 t Altreifen und ca. 30.000 t (1993) Altöl zeigt auf, daß noch ein erhebliches Potential bei der Substitution dieses Primärenergieträgers besteht, wenn auch BRAUN (1993) den maximal substituierbaren Primärenergieanteil auf etwa 20% (Beispiel Mannersdorf) schätzt. Der Heizwert des gesamten jährlich in Österreich anfallenden Bau- und Abbruchholzes (165.000 bis 350.000 t) entspricht dem von 85.000 bis 180.000 t Steinkohle.

Weiters ist zu beachten, daß auch bei Altöl Möglichkeiten der stofflichen Verwertung existieren. Eine stoffliche Verwertung von Altöl kann auch als *"möglicher Beitrag zur Entlastung des Kapazitätsbedarfes für thermische Anlagen"* (Zitat: HACKL, 1993) verstanden werden.

Die thermische Verwertung von Altholz in der Zementindustrie ist vom Energiebedarf der Zementwerke her gesehen also grundsätzlich möglich. Eine Qualitätsminderung des Zementklinkers oder zusätzliche Emissionen sind jedoch zu vermeiden.

7.4 **Aufbereitung von Holzabfällen**

Zerkleinerung

Für die energetische Nutzung von Bau- und Abbruchholz (z.B. in Wirbelschichtöfen), aber auch für die Verwendung als Rohstoff in der Spanplattenindustrie ist eine entsprechende Aufbereitung (Zerkleinerung, Abscheidung von Fremdstoffen) erforderlich. Diese Schritte sind erprobt (Schredder, Überbandmagnete).

Trommelhacker liefern sehr gute Hackschnitzelqualität, die der Qualität von Frischholzschnitzeln kaum nachsteht. Allerdings sind die Betriebskosten (Investition, Messerabnutzung) sehr hoch. Diese Geräte kommen nur bei hohen Durchsatzleistungen (z.B. 10 t/h) und geringer Menge und Größe von enthaltenen Metallteilen in Frage.

Trommelreißer (bestückt mit noppenartigen Messern) sind auch für Kleinmengen geeignet (ab 0,5 t/h). Auch hier ist der Messerverschleiß erheblich.

In der BRD hat sich eine horizontal beschickte Hammermühle (Schredder) besonders schwerer Bauart im Praxiseinsatz bewährt (TRAUMÜLLER, 1988). Die Hackgutqualität ist für die Ansprüche der Holzwerkstoffindustrie ausreichend.

Brandschutz und Lärmschutzmaßnahmen sind bei Aggregaten zur Zerkleinerung von Altholz von besonderer Wichtigkeit.

Entfernung von Fremdteilen

Nach der Zerkleinerung liegen Fremdteile i.a. vom Holz getrennt vor. Je nach Verwendungszweck sind sie mehr oder weniger sorgfältig zu entfernen. Bei Verwendung in der Holzwerkstoffindustrie sind es vor allem Eisen und Stahlteile, die stören.

Eisen- und Stahlteile werden durch Magnetabscheider erfaßt. Bei Brennstoffschnitzel genügt eine einfache Abscheidung, bei stofflicher Verwertung ist eine zumindest zweistufige Abscheidung erforderlich.

Mineralische Bestandteile können durch Hartstoffabscheider abgeschieden werden, Schmutz (anhaftende Erde) kann abgewaschen werden (keinesfalls bei Verwendung als Brennstoff), Leichtstoffe werden durch Windsichtung abgetrennt. Wenn notwendig kann noch eine Größenklassierung durch Sieben erfolgen.

Die Aufbereitung hat unter weitestgehender Begrenzung von Staubemissionen zu erfolgen; Rotbuchen- und Eichenstaub gilt als krebserzeugend - nach Untersuchungen aus den Jahren 1983 von HERNBERG bzw. BATTISTA (zitiert bei TRAUMÜLLER, 1988) wird auch den Weichholzarten ein karzinogenes Potential zugeordnet.

7.5 **Entsorgung und Ablagerung von Holzabfällen**

Bedingt durch den hohen Gehalt an organischer Substanz (Gesamtkohlenstoffgehalt ca. 50 %) und den möglichen Schadstoffanteil ist ein Ablagern auf Inertstoffdeponien (Grenzwert für TOC < 2 Masse%) unzulässig. Eine Entsorgung ist thermisch oder durch Ablagerung auf Mülldeponien (Reaktordeponien) möglich (wobei letzteres nicht sinnvoll, aber in Ermangelung

der notwendigen Verbrennungskapazitäten heute meist üblich ist). Wird abgelagert, so 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. Span- und Faserplatten hingegen sind wegen ihrer Porosität rascher abbaubar.

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 wurden beispielsweise von DOHMANN (1987) im Eluat von Bauschuttfraktionen nachgewiesen.

Untersuchungen ausgewählter Baustoffe (unter anderem wurden 5 Holzspan- und Holzfaserprodukte nach DIN 38.414 S 4, Elution mit destilliertem Wasser, untersucht) an der TU Wien (LECHNER et al, 1991) ergaben gelblich bis bräunlich gefärbte Eluate. Auf das Vorhandensein gelöster organischer Stoffe deutete auch der Abdampfrückstand hin. Das Verhältnis CSB:TOC läßt vermuten, daß es sich beim gelösten organischen Kohlenstoff vorwiegend um aliphatische (nicht ringförmige) Holzbestandteile handelt. Beim mikrobiellen Abbau von Preßspanplatteneluaten wurden geringe Konzentrationen an niederen Carbonsäuren nachgewiesen.

Die Analyse einer Mischprobe aus 20 verschiedenen pigmentierten Preßspanplatten des Typs V20 (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 Elution 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 (engeres und damit günstigeres C/N-Verhältnis). Bei Gasbildung in der Deponie ist mit Ammoniakemissionen zu rechnen.

Holzplatteneluat (1:10) weisen einen sehr weiten Streubereich der Konzentrationen auf. Bei den meisten Parametern werden die Eluatkonzentrationen für Inertstoffdeponien eingehalten. Holzspanprodukte überschreiten aber den CSB-Richtwert (20 mg O₂/l) für Inertstoff-Deponieeluate nach der "Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen" um das 30 - 40-fache, Holzfaserplatten um das 9-fache, Hartholzplatten um das 24-fache. Die Ammoniumkonzentration (Grenzwert 0,8 mg/l) einer Preßspanplatte lag 15-fach höher, bei anderen Faserplatten wurde der Grenzwert der Richtlinie um das 1,4 - 2,8-fache überschritten. Der Abdampfrückstand (Grenzwert 800 mg/l) von Preßspanplatten betrug das 1,3-fache. Der Aluminiumgehalt (Grenzwert 0,5 mg/l) wurde bei Holzfaserplatten um das 5-fache überschritten. Die pH-Werte der untersuchten Holzplatten lagen zwischen 4,4 und 5,1 (Inertstoffdeponie 6,5 bis 11).

Im Eluat (1:10) beschichteter Spanplatten lagen Chloridkonzentrationen um 70 mg/l; Sulfat wurde in der Größenordnung von 50 mg/l gefunden, der Ammoniumstickstoffgehalt lag um 12 mg/l.

8. PERSPEKTIVEN

8.1 Vermeiden

Vermeiden heißt, Abfälle nicht entstehen zu lassen, Güter die später zu Abfall werden gar nicht zu erzeugen oder zumindest deren Nutzungsdauer zu erhöhen. Ein Vermeiden von Bau- und Abbruchholz ist daher nur durch Änderungen bei der Konstruktion bereits beim Bau von Neuanlagen erreichbar. Gelingt es die Nutzungsdauer von Bauwerken (durch Verbesserung von Bauweise oder Holzqualität) zu erhöhen, bedeutet dies ebenfalls ein Vermeiden von Abfall. Als Beispiel ist für Parkettböden Staffelholz der Verwendung von melaminbeschichteten Holzbrettern vorzuziehen; Staffelholz kann öfter abgeschliffen, und neu versiegelt werden, während die beschichteten Platten nicht oder nur wenige Male "renoviert" werden können.

Andere Maßnahmen wie z.B.: Baurestmassensortierung bedeuten nur ein Umbenennen von bereits vorhandenen Abfällen. Werden beispielsweise Baurestmassen sortiert, so fällt weniger Baurestmasse, dafür aber mehr Bauschutt bzw. Baustellenabfall an. Die Gesamtabfallmenge bleibt gleich. Gleiches gilt auch für die Substitution von Baustoffen. Es ist sicher nicht ökologisch sinnvoll Holz durch Kunststoff zu ersetzen, um die Abbruchholzmengen zu senken. Auch eine Wiederverwendung oder Verwertung einzelner Bauteile senkt nicht die Gesamtabfallmenge, sondern nur die zu entsorgende Abfallmenge.

Eine Verringerung der zu entsorgenden Abfallmengen kann durch mehrere Maßnahmen unterstützt werden:

Eine Erhöhung der Deponiegebühren für unsortierten Bauschutt erhöht den wirtschaftlichen Anreiz zur Sortierung. Der Anreiz zur Wiederverwendung und Verwertung steigt damit allerdings nur bedingt.

Eine Verringerung der zu deponierenden Abfälle ist durch eine Verpflichtung zur Anlieferung von Bauschutt zu Verwertungsanlagen zu erwarten. Wird auf der Baustelle nicht getrennt erfasst, so liegt nach der Baurestmassentrennverordnung (gültig ab 1.1.93) eine derartige Verpflichtung vor.

Altstoffbörsen helfen wiederverwendbare und -verwertbare Anteile der Bauabfälle erst gar nicht zu einer Entsorgungsanlage kommen zu lassen. Das Vermeidungspotential durch Forcierung von Altstoffbörsen kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

8.2 Wiederverwenden und Verwerten

Unter Wiederverwenden versteht man den Wiedereinsatz eines Produktes für den gleichen Verwendungszweck; ein Fenster wird sorgsam ausgebaut und in ein anderes Bauwerk wieder als Fenster eingebaut. Verwerten heißt, das Produkt einem anderen Verwendungszweck zuzuführen; das Fenster wird zerlegt, das Holz wird weiterverwendet. Eine Verwertung kann nicht nur stofflich (Erzeugung eines anderen Produktes), sondern auch thermisch (Nutzung des Energieinhaltes) erfolgen.

Eine nicht nur aus Gründen der Bauökologie anzustrebende Schadstoffentfrachtung neuer Bauteile erleichtert eine Wiederverwendung oder -verwertung nach Ende der Nutzungsdauer von Bauwerken. Bei Neubauten sollte daher der Einsatz von Holzschutzmitteln möglichst

gering gehalten werden. Soweit möglich, sollte auf baulichen Holzschutz geachtet werden; erst wo dieser nicht mehr ausreicht, sollen Holzschutzmittel angewendet werden. Eine weitere Schadstoffentfrachtung ist z.B. durch Verbot von besonders schadstoffhaltigen Holzzusatzstoffen (Holzschutzmittel, Klebemittel) oder durch Ersatz von schadstoffhaltigen Zusätzen und Holzschutzmitteln (z.B. Verwendung von "umweltfreundlichen" Schalölen) möglich. Hier ist vor allem der Gesetzgeber aufgerufen, durch legislative Maßnahmen unterstützend einzugreifen. Maßnahmen in dieser Richtung können sich aber frühestens in 20 bis 30 Jahren auf die Bauschutzzusammensetzung auswirken (KREIDLER u. SUTER, 1989).

Sehr wichtig ist weiters auch eine informative Hilfestellung der mit Abbrucharbeiten befaßten Unternehmen, besonders der Kleingewerbebetriebe in Hinblick auf richtiges Trennen, Gefährdungspotential und Verwertungsmöglichkeiten von Baustellenabfällen. Als Beispiel sei die Broschüre des Dachdeckerverbandes Nordrhein-Westfalen und der Edelhoff EntsorgungsgesmbH aus dem Jahr 1990 erwähnt. In dieser Schrift werden die verschiedenen Dachdeckerabfälle beschrieben, Gefahrenquellen aufgezeigt und Entsorgungsvorschläge gemacht.

Wesentlich schwieriger ist die Entsorgung von Holzwerkstoffen (Holzwolleleichtbauplatten, Holzfaserplatten). Eine Wiederverwendung bzw. Verwertung ist in der Regel nicht möglich; die Entsorgung erfolgt derzeit meist noch auf Deponien. Eine Entsorgung in geeigneten Verbrennungsanlagen ist zukünftig sinnvoll.

BILITEWSKY (1990) schlägt vor, beim Abbruch ein Multicontainersystem einzurichten. Die Zahl der Container richtet sich nach der Entsorgung. Soll die Leichtfraktion verbrannt werden, so reicht ein Container, für eine Verwertung sind für die Leichtfraktion mehrere Container vorzusehen.

In Winterthur/Schweiz erfolgt eine Trennung auf der Baustelle. Die Kennzeichnung der Container erfolgt in 4 Sprachen, zusätzlich bekommt jeder Container je nach Entsorgungsort ein Farbsymbol (BR-International 2/91). Dieses Modell ist aber sicher nur begrenzt anwendbar. Im großstädtischen Bereich ist meist nicht genügend Platz für die Aufstellung mehrerer Container vorhanden. Vor allem bei Umbauarbeiten steht kaum genügend Abstellfläche zur Verfügung. Containerabstellplätze auf öffentlichen Straßen in Wien müssen genehmigt werden, wobei i.a. nur der Platz für 1 bis 2 Container genehmigt wird. Hier sind die gesetzlichen Möglichkeiten zu schaffen mehr Container aufstellen zu dürfen.

Bei Abbrucharbeiten im städtischen Bereich muß soweit möglich, innerhalb des Abbruchobjektes (Hof, Teilabbruch) Platz geschaffen werden.

Aus diesem Grund ist in Großstädten eine Verwertung von größeren Mengen an Bauschutt und Baustellenabfällen derzeit wohl nur über Bauschuttaufbereitungsanlagen möglich.

8.2.1 Wiederverwendung

Für eine effiziente Wiederverwendung von Bau- und Abbruchholz müssen die heute üblichen Abbruchmethoden neu konzipiert werden. An Stelle des Demolierens (Abbrechen und Zerschlagen) von Bauwerken muß ein Herauslösen und Demontieren Zug um Zug erfolgen. Dabei können Türen, Fenster, Fensterläden, Wandvertäfelungen, Treppen, Geländer u.a.m. zum Großteil unbeschädigt entnommen und wiederverwendet werden. Auch Parkettböden können zumindest teilweise wiederverlegt werden. Zuletzt werden dann Holzbalken, Staffelhölzer und Blindböden aus Dachstuhl-, Fußboden- und Deckenkonstruktionen demontiert. Holzbalken können bei Spezialtiefbauarbeiten und für Sicherungen im Künettenbau verwendet werden.

Wie hoch die Menge an wiederverwendbaren Holzteilen ist, kann aus dem vorliegenden Datenmaterial nicht einmal andeutungsweise abgeschätzt werden. Über die Erhebung des Gütezustandes von Altholz wird vom Österreichischen Holzforschungsinstitut eine Studie erstellt. Neben einer Literatursauswertung sind Probenahmen in mehreren Objekten, die 1850 bis 1918 erbaut wurden vorgesehen. Die Proben werden visuell beurteilt; weiters werden Deformationsverhalten und Festigkeitseigenschaften untersucht. Von großem Interesse sind weiters Resistenzuntersuchungen, durch die das Verhalten gegenüber holzerstörenden Pilzen und Insekten dokumentiert wird. Die Endergebnisse werden für November 1993 erwartet.

Um eine Wiederverwendung zu forcieren muß die Zusammenführung von Anbieter und Käufer erleichtert werden. Die Einrichtung von Recyclingbörsen für Baumaterialien und Bauteile ist dabei hilfreich. Eine weitere Möglichkeit bieten die modernen Kommunikationsmedien. In der Schweiz kann man über Videotext Informationen der Handelskammer über Angebot und Nachfrage abrufen (BUNDESAMT f. KONJUNKTURFRAGEN, 1991).

8.2.2 Stoffliche Verwertung

Eine **stoffliche Verwertung** von Abbruchholz ist nur bei Erreichen einer ausreichenden Stoffreinheit möglich. Die meisten Bauschutttrennanlagen richten ihr Hauptaugenmerk auf die Separierung einer verwertbaren Inertfraktion. Dazu müssen störende Bestandteile wie Papier, Kunststoffe, Metalle und auch Holz aussortiert werden. Großstückige Teile werden vorab sortenrein aussortiert (händisch oder mit Greiferbagger). Mit Hilfe automatischer Trennaggregate (Siebe, Überbandmagnete, Windsichter, Naßsortierer) kann vom Rest eine qualitativ hochwertige Inertfraktion abgetrennt werden; die separierten Leichtstoffe müßten vor einer weiteren Verwendung händisch nachsortiert werden. Aus diesem Grund ist für die stoffliche, aber auch die energetische Verwertung (z.B. Hackschnitzelheizung) von Abbruchholz einer Trennung schon am Anfallort (Baustelle) der Vorzug zu geben.

Vorrangig für einen Einsatz von recycelten Baustoffen ist das Erstellen von technischen Anforderungen an die Recyclingbaustoffe. Hier fehlen heute noch großteils vernünftige Regelungen. Erst nach Schaffung von Qualitätskriterien ist der Hersteller und Anwender auch gesetzlich abgesichert (Schadensersatzansprüche usw.). Zusätzlich sollte der Gebrauch von Recyclingbaustoffen von der öffentlichen Hand gefördert werden; schon bei den Ausschreibungen ist auf die Anwendung recycelter Baustoffe Rücksicht zu nehmen.

Für eine stoffliche Verwertung von Bau- und Abbruchholz kommen mehrere Anwendungsgebiete in Frage.

8.2.2.1 Direkte Verwertung

Sauberes Balkenholz kann zu Schnittholz verarbeitet werden. Besonders bei Restaurateuren und Erzeugern von "Altmöbel" sind die gut getrockneten Holzbretter beliebt. Dieser Zweig der Verwertung ist ökologisch und ökonomisch sinnvoll, wird aber sicher immer nur in Einzelfällen möglich sein; auf die Gesamthalzholzmengen hat er nur geringen Einfluß.

8.2.2.2 Verwertung in der Spanplatten- und Baustoffindustrie

Von der produktionstechnischen Seite her gesehen ist Bau- und Abbruchholz zur Span- und Faserplattenherstellung gut geeignet. Sowohl für kunststoffgebundene, als auch gipsgebundene Platten kann Altholz verwendet werden. Die einsetzbaren Altholzmengen sind sehr groß (der jährliche Holzbedarf der Spanplattenindustrie liegt bei 1 Mio bis 1,2 Mio t). Die spanplattenerzeugende Industrie verwendet Abbruchholz jedoch nur ungern, weil eine mögliche

Schadstoffbelastung des Endproduktes nicht ausgeschlossen werden kann. Nach unserem Wissen gibt es keine Untersuchungen über das Verhalten von früher verwendeten Holzschutzmitteln in aus Altholz hergestellten Spanplatten. Die heute verwendeten Mittel stellen für die Produktion kein Problem dar; sie werden fallweise auch bei der Spanplattenherstellung eingesetzt.

Die Verwendung von Altholz in der Spanplattenindustrie erscheint zunächst ökologisch vorteilhaft, können doch dadurch Wälder geschont werden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob hier nicht zweckmäßiger unbelastete Holzabfälle (z.B. aus der Holzverarbeitenden Industrie) eingesetzt werden können. Es ist sicher wenig sinnvoll, Bau- und Abbruchholzabfälle für eine stoffliche Verwertung aufwendig aufzubereiten und "unbelastete" Abfälle zu verbrennen.

Isoliersteine und Holzbeton können unter Verwendung von Altholz hergestellt werden.

8.2.2.3 Verwertung in der Papier- Zellstoff- und chemischen Industrie

Mit den heute bekannten Verfahren kann nur qualitativ minderwertiger Zellstoff erzeugt werden. Durch das große Angebot billigen Frischholzes besteht kein Bedarf für die Verwendung von Bau- und Abbruchholz. Sehr wohl denkbar erscheint seitens der Papier- und Zellstoffindustrie eine thermische Verwertung von Abbruchholz eventuell gemeinsam mit produktionsspezifischen Abfällen.

Chemische Industrie und Stahlindustrie (als Reduktionsmittel wird in den USA vielfach Holz verwendet) sind potentielle Abnehmer, die absetzbaren Mengen dürften aber eher gering sein.

Wieweit Schadstoffe z.B. aus Anstrichen die Verwendung zur Ethanolherzeugung ausschließen muß noch geklärt werden.

8.2.2.4 Biotechnische Verwertung

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. Die absetzbaren Mengen sind daher gering. Bei der Kompostierung von Restmüll oder Klärschlamm als Vorbehandlungsmaßnahme vor einer Deponierung kann - solange es die in der zur Zeit diskutierten Deponieverordnung vorgesehenen Übergangsfristen zulassen - Abbruchholz verwendet werden.

8.3. Energetische Verwertung

Nach einer Schweizer Untersuchung ist die Verwendung von Abbruchholz in der Zementindustrie als Brennstoffersatz möglich (BÖHLEN, 1992). Die hohen Brenntemperaturen und die lange Verweilzeit im Brennraum zerstören organische Schadstoffe; anorganische werden im Zement eingebunden. Bedingt durch die Rauchgasreinigung kann der Schadstoffausstoß minimiert werden. Ein Vorteil der Verwertung in der Zementindustrie ist, daß kein Abfall zu entsorgen ist; auch die Rauchgasreinigungsrückstände landen im Zement.

Eine thermische Verwertung von Bau- und Abbruchholz bei der Herstellung von Zementklinker ist grundsätzlich möglich. Auch bei geringfügig zunehmender Verwertung von Altöl und Altreifen in der Zementindustrie besteht immer noch ein Potential bzw. ein Energiebedarf

für die Substitution herkömmlicher Brennstoffe (Steinkohle). Nach BRAUN (1993) können ca. 20% der zur Zementherstellung eingesetzten Primärenergie substituiert werden. Alternativ dazu kann auch im Falle einer zukünftigen stofflichen Verwertung von Altöl in Österreich die frei werdende thermische Behandlungskapazität genutzt werden.

Verbrennungsversuche mit dem Ziel der Ermittlung der Auswirkungen einer (Mit-) Verbrennung von Bau- und Abbruchholz auf die Abgaszusammensetzung und auf die Klinkereigenschaften sollten gefördert werden.

Eine Verbrennung von Bau- und Abbruchholz (vor allem von Spanplatten) kommt wegen der möglichen Schadstoffbelastung nur in Verbrennungsanlagen mit Abgasreinigung in Frage. Durch zunehmende Förderung von Hackschnitzelheizungen kann ein größerer Absatzmarkt für Altholz erschlossen werden. Investitionen für eventuell erforderliche Einrichtungen zur Reinigung der Abgase werden ermöglicht. Vorbildhaft ist die unlängst von der Niederösterreichischen Landesregierung dafür beschlossene Erhöhung des Förderungsbudgets von öS 100 Mio auf 200 Mio, womit die Emissionen aus Einzelheizungen bzw. veralteten Heizungen in Wohnhausanlagen verringert werden können.

Wieweit Altholzverbrennungsanlagen durchgesetzt werden können, hängt nicht zuletzt von ausreichender Information der betroffenen Bevölkerung ab. Klare gesetzliche Regelungen, welches Abfallholz unter welchen Bedingungen verbrannt werden darf - insbesondere für imprägniertes Holz - sind erforderlich.

Die Verbrennung von Altholz muß aber auch hinsichtlich der Verbrennungssituation in Österreich gesehen werden. Der Entwurf für eine Deponieverordnung schreibt für die Ablagerung von Abfällen de facto eine Verbrennung als Vorbehandlung zwingend vor, denn für die Erreichung der vorgeschlagenen Grenzwerte stehen derzeit keine anderen großtechnisch erprobten Technologien zur Verfügung. Die zur Umsetzung des Gesetzes erforderlichen sehr großen Verbrennungskapazitäten müssen allerdings erst geschaffen werden. Wieweit daher der Verbrennung anderer Abfälle (z.B. gefährlicher Abfälle) Priorität einzuräumen ist, muß nach den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten entschieden werden.

8.4 Entsorgung und Ablagerung

Bau- und Abbruchholz erfüllt nicht die Bedingungen für Inertstoffdeponien der "Richtlinien für die Ablagerung von Abfällen". Baurestmassen, die deponiert werden müssen, dürfen nur in sehr geringem Umfang organische Stoffe enthalten. Als Richtwert für Holz, Holzwerkstoffe und zellulosehaltige Abfälle gilt ein Gesamtgehalt ≤ 2 Masseprozent im abzulagernden Abfall (LECHNER et al, 1990). Andernfalls muß nicht verwertbares Altholz in Mülldeponien bzw. in Deponien mit Sickerwasser- und Gaserfassung abgelagert oder thermisch in Müllverbrennungsanlagen entsorgt werden. Ein Deponieren gemeinsam mit Hausmüll ist wegen der Rohstoff- und Energievergeudung nicht sinnvoll, nach der Deponieverordnung langfristig auch nicht mehr gestattet, aber technisch möglich.

9. MASSNAHMEN DES BUNDES

Als Zielvorstellung im Umgang mit Holzabfällen aus Baurestmassen ergibt sich folgende Prioritätenliste.

- 1. Vermeiden von Holzabfällen durch Verlängerung der Nutzungsdauer von Bauteilen.**
- 2. Vermeiden von Holzabfällen durch Wiederverwenden von Bauteilen.**
- 3. Stoffliche Verwertung von Bau- und Abbruchholz.**

Aus Punkt 2 und 3 ergibt sich die Forderung nach dem Ersetzen herkömmlicher Abbruchverfahren (Demolieren) durch Rückbau (Demontage).

- 4. Energetische Verwertung von Bau- und Abbruchholz in**

- Zementindustrie
- Verbrennungsanlagen (obligatorisch mit Rauchgasreinigung)
- Kleinanlagen (Hackschnitzelheizungen)

- 5. Entsorgung in Müllverbrennungsanlagen mit Rauchgasreinigung.**

- 6. Verzicht auf das Deponieren von Bau- und Abbruchholz.**

Daraus ergeben sich folgende Forderungen zu Maßnahmen des Gesetzgebers (siehe dazu auch Pkt. 8):

- legislative Maßnahmen zur Schadstoffentfrachtung von Baustoffen (z.B.: Anwendungsbeschränkungen für besonders schadstoffhaltige Holzzusatzmittel, Erhebung der Möglichkeiten alternativer Stoffe zu Cr, Cu, Cl und F enthaltenden Holzzusatzmitteln)
- informative Hilfestellung der mit Abbrucharbeiten befaßten Unternehmen
- Verbesserung der Kontaktaufnahmemöglichkeiten von Anbietern und potentiellen Käufern von Bau- und Abbruchholz (Recyclingbörsen, Videotexteinrichtungen)
- Schaffung gesetzlicher Möglichkeiten zur Aufstellung der für die Trennung benötigten Containeranzahl auf öffentlichen Flächen
- Erstellung technischer Anforderungen an Recyclingbaustoffe
- Begünstigung der Verwendung von Recyclingbaustoffen bei Ausschreibungen durch die öffentliche Hand
- Förderung von Arbeiten zur Bestimmung der Bau- und Abbruchholzmengen sowie der Altholzzusammensetzung (Schadstoffbelastung) und des Heizwertes

- Forschungsbedarf herrscht betreffend die Auswirkungen von Schadstoffen im Bau- und Abbruchholz auf die Endproduktqualität bei der Verwertung in der Industrie (Spanplattenherstellung, Zementindustrie, Papier- und Zellstoffindustrie, Biotechnologische Verwertung)
- Forschungsbedarf herrscht weiters bezüglich der Auswirkungen von Schadstoffen bei der Verbrennung von Bau- und Abbruchholz auf die Abgaszusammensetzung und die Holzasche
- Unterstützung der Errichtung von Versuchsanlagen zur Altholzverwertung (Sammlung, Transport, Aufbereitung, Aufgabetechnologie, Probetrieb)
- Gesetzliche Regelung der Bedingungen unter denen Abfallholz in Feuerungsanlagen verbrannt werden darf
- Unterstützung der Maßnahmen zur Schaffung der benötigten Verbrennungskapazitäten

10. LITERATUR

Arbeitsgruppe Wärmedämmstoffe: "Nachdiplomstudium Wärmedämmstoffe" Ingenieurschule Basel, 1988/89.

BANSCH M. und PLATTNER K.: "Ansätze zur Bewirtschaftung von Baurestmassen". In: Handbuch der Umwelttechnik 1991. UTEC 1991. Trend Comerz Verlag.

Baurestmassentrennverordnung

BILITEWSKY B. et al: "Bauschutt und Asphaltrecycling" in Beiheft zu Müll und Abfall 30, 1990.

BÖHLEN U.: "Möglichkeiten der Altholzverwertung in der Schweiz" in RCL Interforum (3. Internat. Baustoff-Recycling-Forum) 1992.

BRANDSTÄTTER, Holzforschungsinstitut, tel. Mitteilung, 1993

BR (Baustoff-Recycling?) International 2/91 Seite 40.

BRAUN H.: Fa. Perlmooser, persönliche Mitteilung, 1993.

BUNDESAMT FÜR KONJUNKTURFRAGEN (Schweiz): "Recycling - Verwertung und Behandlung von Bauabfällen" IP-Bau 1991.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE: Lösemittelverordnung, (BGBl. 492/1991).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE: Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen, 1990.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE: Abfallwirtschaftsgesetz (BGBl Nr. 325/1990).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE: Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien (BGBl Nr. 259/1991).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE; Sektion 2: Informationsschrift "Maßnahmen". Vortrag beim Seminar der AK-Wien "Setzen wir der Chemie Grenzen) Jänner 1993.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ANGELEGENHEITEN: "Standardisierte Leistungsbeschreibung für den Hochbau" (LB-H), 1.9.93.

CRUEGER W., CRUEGER A.: "Biotechnologie - Lehrbuch der angewandten Mikrobiologie" R. Oldenburgverlag 1989.

CLAUSNITZER, K.D.: "Historischer Holzschutz - Zur Geschichte der Holzschutzmaßnahmen von der Steinzeit bis ins 20. Jh." Ökobuchverlag Staufien, 1990.

DACHDECKERVERBAND NORDRHEIN-WESTFALEN und EDELHOFF Entsorgungs GesmbH: "Entsorgung im Dachdeckerhandwerk" 1990.

- DEPPE H.J.: "Altholzrecycling" in "Weniger Abfall" Veröffentlichungen des Fachgebietes Abfallwirtschaft und Recycling in der Universität Kassel; Abfallwirtschaft Band 8, 1991.
- DOHMANN M.: "Auslaugversuche mit aufbereitetem Bauschutt". In: Recycling International, Hrsg: Thome-Kozmiensky.
- EERLAND D.W.: "Entwicklung des Baustoff-Recycling in den Niederlanden" in RCL Interforum (3. Internat. Baustoff-Recycling-Forum) 1992.
- EGGER: Spanplattenhersteller, tel. Mitteilung 1992.
- FEHRING D.: "Altholzaufbereitung im Hinblick auf die Produktbewertung (Brennstoffpellets, Spanplatten)" in "Recycling International" Hrsgb. K.J. Thome Kozmiensky. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH. 1984.
- FROEDE O., Witt H.: "Holzwerkstoffe". Beitrag zu Band 12 von Ullmann's Enzyklopädie.
- GRAF E.: "Zur Problematik der Verbrennung von mit Schutzmitteln behandeltem Holz". Holz als Roh- und Werkstoff 49, S.291-297, 1991.
- GREIFF R. et al: "Ökologisches Handbuch Hochbau" unveröffentlichter Entwurf 1990.
- GRÜNER: "Mehr Chancen für das Baustoff-Recycling in der Bundesrepublik Deutschland" Beitrag zum 5. Symposium "Recyclingbaustoffe" 1989.
- GUA (Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung): "Entsorgung von Baurestmassen und anderen überwiegend mineralischen Abfällen im Bereich der Gemeinde Wien" 1987.
- GUA (Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung): "Wiener Baurestmassen. Erhebung der im Jahre 1988 deponierten Mengen". 1988.
- HACKL A.: "Zukunftsperspektiven der Umweltschutzanforderungen an Verarbeitung und Logistik". Erdöl, Erdgas, Kohle 109.JG., Heft 2, Februar 1993, S.76-80, 1993.
- HANTSCHKE B.: "Vergleich von Kurzzeitbelastungen und Bewitterungen bei wasserverdünnbaren Lacken und Lasuren für den Bautenlacksektor" in E.Bagda "Umwelteinflüsse auf Oberflächen" Kontakt und Studium - Umwelttechnik Band 282 Expert Verlag 1989.
- HENNING O. und KNÖFEL D.: "Baustoffchemie" Bauverlag 1989.
- HUBER G. und CASENSKY O.: "Baustoffkunde 1" Österr. Bundesverlag 1984.
- INSTITUT FÜR WASSERGÜTE UND ANDSCHAFTSWASSERBAU der TU-Wien: "Abfallwirtschaft I" Vorlesungsunterlagen 1990/91.
- KOSSATZ G.: "Halbtrockenverfahren zur Herstellung gipsgebundener Spanplatten" in "Recycling International" Hrsgb. K.J. Thome Kozmiensky. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH. 1984.
- KNOBLAUCH H. und SCHNEIDER U.: "Bauchemie" Wernerverlag 1987.

KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET: "Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten", 1989.

KREIDLER E., SUTER J.: "Die Technische Verordnung über Abfälle und deren Auswirkung in der Praxis, dargestellt am Beispiel des Kantones Zürich". In: Die Schweizer Baustoffindustrie 8/1989.

KÜNSTLER, H. und NÜESCH, P.C.: "Erfahrungen bei der Energieerzeugung aus gemischten (problematischen) Holzabfällen" in "Recycling International" Hrsgb. K.J. Thome Kozmisky. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH. 1984.

LECHNER P., et al: "Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt". TU-Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Hrsg: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, "Abfallwirtschaft" Schriftenreihe der Sektion V, Band 1, 1991.

MARUTZKY R.: "Thermische Verwertung von Reststoffen in der Holzwirtschaft". Holz- und Möbelindustrie JG.27, H.4, S.372-375, 1992.

N.N.: "Statistik der Gmundner Zementwerke - Energie aus Altöl". Industrie. 17.3.1993, S.19.

ARBEITSGEMEINSCHAFT ALTHOLZKONZEPT KANTON ZÜRICH, 1990.

OGULIN H.(1991): "Möglichkeiten und Grenzen der Altölverwertung in Österreich. Umwelttechnik 1992", Referate der UTEC-Absorga 1991, S.166-167.

PÖESCHL E. und KÖHLING A.: "Emissionen organischer Verbindungen aus Klebstoffen". Forschungsbericht 104 08 148 i.A. des Umweltbundesamtes. Frankfurt 1987. Zitiert in GREIFF 1990.

PLATTNER K.: "Rahmenbedingungen für die Bewirtschaftung von Baurestmassen". Diplomarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU-Wien, 1990.

SCHMID E.: "Holzaußenanstriche und die Glasumwandlungstemperatur". In E.Bagda "Umwelteinflüsse auf Oberflächen" Kontakt und Studium - Umwelttechnik Band 282 Expert Verlag 1989.

STIER W.: "Zukunftsperspektiven einer umweltverträglichen Produktion in der Holzverarbeitenden Industrie am Beispiel der Spanplattenproduktion" in ÖGUT-Info 11/12 93, Seite 33 1993.

TRAUMÜLLER O.G.: "Die Verwertung von Altholz" Müllhandbuch 8664 Erich Schmidt Verlag, Lfg.1/88.

VÖZ: "Altreifenentsorgung". Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie. Umweltschutz 7-8/92, S.4, 1993.

VOLLENSCHAAR D.: "Wendehorst Baustoffkunde" Curt R. Vincentz Verlag, Hannover, 1992.

WÄLCHLI O.: "Zusammensetzung der Holzschutzmittel" Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung. SAH-Bulletin 3 (2) 1975; zitiert in GREIFF et al 1990.

WILBERTZ J.: "Deponieentlastung durch Aufbereitung von Bauschutt und Baustellenabfällen". Müll und Abfall 6/85.

Verwendete Literatur für Abschnitt 3:

GRAF E.: "Zur Problematik der Verbrennung von mit Schutzmitteln behandeltem Holz". Holz als Roh- und Werkstoff 49, S.291-297, 1991.

FROEDE O. und WITT H.: "Holzwerkstoffe". Beitrag zu Band 12 von Ullmann's Enzyklopädie.

HENNING O. und KNÖFEL D.: "Baustoffchemie" Bauverlag 1989.

HUBER G. und CASENSKY O.: "Baustoffkunde 1" Österr. Bundesverlag 1984.

KNOBLAUCH H. und SCHNEIDER U.: "Bauchemie" Wernerverlag 1987.

VOLLENSCHAAR D.: "Wendehorst Baustoffkunde" Curt R. Vincentz Verlag, Hannover, 1992.

WÄLCHLI O.: "Zusammensetzung der Holzschutzmittel" Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung. SAH-Bulletin 3 (2) 1975; zitiert in GREIFF et al 1990.

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 31409

Bauschutt

(keine Baustellenabfälle)

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. T. Lahner

Mag. P. Mostbauer

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Inhaltsverzeichnis

1. HERKUNFT	1
2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	1
3. BAUSCHUTT ZUSAMMENSETZUNG	2
3.1 Sortieranalyse	3
3.2 Chemische Analyse - Gesamtgehalte	6
4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ	7
4.1 Für die Verwertung als Betonzuschlagstoff relevante Eigenschaften	7
4.1.1 Dichte und Wichte des Zuschlages	8
4.1.2 Korngruppen, Sieblinien	8
4.1.3 Kornfestigkeit und Frostbeständigkeit	10
4.1.4 Wasseraufnahme	10
4.1.5 Kritische Inhaltsstoffe, Verunreinigungen	11
4.2 Für den Einsatz in ungebundener Form relevante Eigenschaften	16
4.2.1 Korngruppen und Sieblinie	16
4.2.2 Kornfestigkeit und Frostbeständigkeit	17
4.2.3 Kritische Inhaltsstoffe	17
4.3 Chemische Analyse - Eluate	17
4.4 Deponieverhalten	20
5. ABFALLMASSEN	20
6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN	21
6.1 Österreich	21
6.2 Deutschland	21
6.3 Schweiz	21
7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG	22
7.1 Überblick	22
7.2 Qualität der aufbereiteten Materialien	24
7.3 Güteklassen in Österreich	25
7.4 Baustellenverfahren zur Trennung von Baurestmassen	26
7.4.1 Rückbau und getrennte Sammlung der Baurestmassen	26
7.4.2 Demontage	28
7.4.3 Recycling vor Ort	28
7.5 Zwischenlagerung	28
7.6 Stand der Vermeidung und Verwertung von Bauschutt in Österreich	29

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN	29
8.1 Vermeidung	29
8.2 Verwertung und Behandlung	30
8.3 Ablagerung	32
9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES	32
9.1 Legistische Maßnahmen	32
9.1.1 Vollzug rechtlicher Regelungen	32
9.1.2 Altlastenbeitrag	33
9.1.3 Güterbilanzen und Stoffbuchhaltungen	33
9.1.4 Regelungen für Schüttkörper aus Recyclingmaterial	33
9.2 Organisatorische Maßnahmen	33
9.2.1 Vorbildwirkung des Bundes	33
9.2.2 Kapazitäten in der Entsorgung	33
9.2.3 Kooperation	34
9.2.4 Technische Standards für Aufbereitungsanlagen	34
9.3 Forschungs- und Entwicklungsbedarf	34
9.3.1 Datenlage	34
9.3.2 Energie- und Stoffbilanzen	34
9.3.3 Materialkennwerte und Emissionen	35
9.3.4 Demontage und Rückbau	35
9.3.5 Design for Recycling	35
9.4 Gesellschaftspolitische Maßnahmen	35
9.4.1 Information und Ausbildung	35
10. LITERATUR	36

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen Schlüssel-Nr. 31409 "Bauschutt"

1. HERKUNFT

Bauschutt fällt bei Bautätigkeiten, insbesondere im Zuge von Sanierungen, Umbauten und Abbrüchen an. Der überwiegende Anteil des Bauschuttes stammt aus dem Hochbau, da Bauwerke dieses Bereiches i. a. kürzeren Erneuerungszyklen unterliegen, als jene im Tiefbau.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Bauschutt ist ein Überbegriff für mineralische Stoffe, auch mit geringfügigen Fremdanteilen. Diese Fremdanteile stammen von Baumaterialien und Bauteilen, die ursprüngliche in funktionalem Zusammenhang mit dem Bauwerk standen und nicht getrennt vom mineralischen Bauschutt ausgebaut wurden. Kontaminierter Bauschutt infolge Schadstoffeintrages durch die Nutzung der Bauwerke wird nicht unter dieser Schlüsselnummer subsummiert, er unterliegt der Schlüsselnummer 31441 "Chemisch verunreinigter Bauschutt".

Nicht dem Bauschutt zugerechnet werden Straßenaufbruch (vgl. dazu Studie zur Schlüssel-Nr. 31410 "Straßenaufbruch") und Bodenaushub (vgl. dazu Studie zur Schlüssel-Nr. 31411 "Bodenaushub"), während Anteile von Betonabbruch (vgl. dazu Studie zur Schlüssel-Nr. 31427 "Betonabbruch") im Bauschutt durchaus enthalten sein können. Nicht als Bauschutt im Sinne dieser Studie gilt jedoch reiner Betonabbruch, der in größeren Mengen im Zuge eines Baugeschehens anfällt und getrennt von anderen mineralischen Baurestmassen gesammelt und behandelt wird. Asbesthaltiger Faserzement muß getrennt von Bauschutt erfaßt werden und darf nicht in Aufbereitungsanlagen zerkleinert werden.

Allen in- und ausländischen Begriffsfestlegungen für Bauschutt ist gemeinsam, daß dieser aus einer mineralischen Matrix besteht und andere Materialien, beispielsweise organische wie Kunststoffe oder Holz nur zu sehr geringen Anteilen enthalten sind.

Die deutsche TA Siedlungsabfall (1993) definiert Bauschutt als "mineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen Fremdanteilen".

Erismann (1993) definiert Mischabbruch als ein "...Konglomerat mineralischer Fraktionen von Beton, Ziegeln, Back-, Kalksand- und Natursteinmauerwerk durch den organisierten selektiven Rückbau von Bauteilen". Zielsetzung für dieses Material ist es, die Verunreinigungen kleiner als 1 Volumenprozent zu halten. Insbesondere der Gipsanteil muß dabei so gering gehalten werden, daß die Qualitätsansprüche für eine Verwertung erfüllt werden können.

Für die Wiederverwendung kommen sowohl sortenreine Baurestmassen, wie beispielsweise reiner Betonabbruch als auch Gemische aus verschiedenen, mineralischen Materialien in Frage. Die vom Österreichischen Baustoff Recycling Verband (im folgenden ÖBRV bezeichnet) herausgegebene Richtlinie für Recycling-Baustoffe unterscheidet in diesem Zusammenhang:

RA	Recycliertes, gebrochenes Asphaltgranulat
RB	Recycliertes, gebrochenes Betongranulat
RAB	Recycliertes, gebrochenes Asphalt/Beton Mischgranulat
RM	Recycliertes, gebrochenes Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein
RG	Recycliertes, natürliches Gestein

Für diese Recycling-Baustoffe werden 3 Güteklassen (I, II, III) unterschieden, die die Granulate entsprechend ihrer Zumischanteile (I bis 5 %, II bis 12 %, III bis 33 %) an Fremdmaterialien festlegen. Dies bedeutet, daß in der jeweiligen Güteklasse der Anteil an anderen mineralischen Baurestmassen, als das Ausgangsmaterial einen bestimmten Wert nicht überschreiten darf. Organische Materialien, mit Ausnahme von Bitumen in den Granulaten RA und RB sollen in Recycling-Baustoffen weitestgehend nicht enthalten sein. Die Güteklassen sind entsprechend den Anwendungsbereichen ausgelegt, die überwiegend im Straßenbau vorgesehen sind.

3. BAUSCHUTTZUSAMMENSETZUNG

Die Zusammensetzung von Bauschutt richtet sich nach Funktion, Alter, Art der ursprünglich angewandten Bauweise und der Methode des Abbaues. Wesentlichen Einfluß nimmt auch die Örtlichkeit des Bauwerkes aufgrund regional vorhandener Baumaterialien.

Derzeit:

Gegenwärtig fällt Bauschutt von Bauwerken an, die vorrangig in Mauerwerksbauweise und in Mischbauweise (z.B. Stahl- oder Stahlbetonskelett mit Mauerwerksausfachungen) errichtet wurden, diese Bauweisen waren bis 1900 und in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts die dominierenden Bauweisen, Mettke (1992) untersuchte in diesem Zusammenhang Industriebauten in den neuen Bundesländern der BRD.(Abbildung 3-1). Auch in Österreich sind vergleichbare Tendenzen vorhanden.

Zukünftig:

Für die Zukunft ist eine andere Zusammensetzung zu erwarten, aus den Daten über Baustoffproduktion und Baustoffeinsatz läßt sich ein Ansteigen der Anteile von Beton, Aluminium, Kunststoffen und diverser "Bauchemikalien" in den Baurestmassen insgesamt und damit auch im Bauschutt ablesen (vergleiche dazu Wilson (1990)).

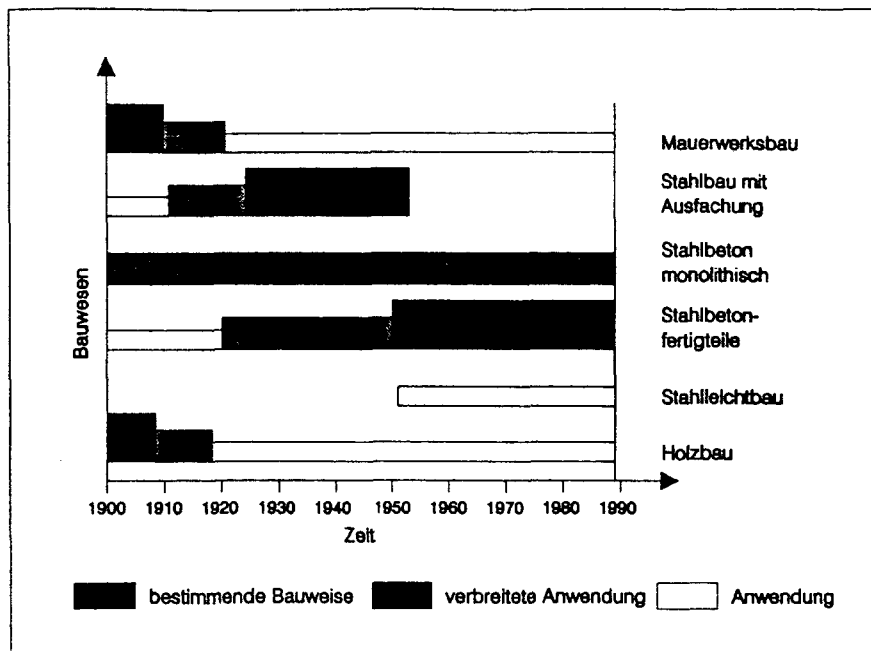


Abbildung 3-1:
Entwicklung von Bauweisen in den neuen Bundesländern der BRD
(nach METTKE, 1992)

3.1 Sortieranalysen

Erkenntnisse über die Stoffgruppenzusammensetzung werden vor allem aus der Güterbilanzierung von Bauschuttaufbereitungsanlagen gewonnen, die Resultate lassen sich gut auf den ursprünglichen Bauschutt übertragen.

Typische, im Bauschutt enthaltene Materialien sind Mörtel, Zementstein, Ziegel und andere keramische Baustoffe, Gasbeton, Silikatbeton aber auch Naturstein, Sand, Kies, Schotter, Gips. Häufig fällt Bauschutt vermischt mit Mineralwolle, Holzbeton u.ä. Produkte, Faserzement.

GÖRISCH (zitiert in Bilitewsky et al, 1990) berichtet von Mauerwerkssplitt (zerkleinertes Mauerwerk) aus unterschiedlichen Splittsorten, der für die Herstellung von Betonmantelsteinen verwendet wurde. Die stofflichen Bestandteile des Mauerwerkssplittes wurden über 3 Jahre (1986 -1989) analysiert.

Tabelle 3-1:

Stoffliche Bestandteile von Mauerwerkssplitt
(nach Görisch, zit. in: Bilitewsky et al 1990)

Bestandteil	Anteil in G-%
Beton	57,0
Naturstein	19,6
Asphalt	19,0
Kies/Sand	3,2
Ziegel	1,2
Gesamt	100,0

Lukas (1992) untersuchte österreichisches Recyclingmaterial. Es wurden Feinteile (Körnung 0/4 mm) aus dem Baustoffrecycling sortiert und die Gewichtsanteile der einzelnen Stoffgruppen für 3 Materialproben bestimmt.

Tabelle 3-2

Stoffgruppenanteile in Recyclingmaterial (Körnung 0/4 mm)
(Lukas, 1992)

Stoffgruppe	Anteile in Gewichts-% (gerundet)
Beton und Zuschläge	89 - 95
Ziegel	3,7 - 8,5
Putz	0,5 - 2,0
Keramik	0,0
Glas	0,0
Metalle	0,0 - 0,01
Holz	0,02 - 0,06
Teer	0,2 - 0,3

Die Ergebnisse der Tabellen 3-1 und 3-2 bestätigen die grundsätzliche Vergleichbarkeit von deutschen und österreichischen Ergebnissen. Beide Untersuchungen zeigen, daß etwa 90 Gewichts-% aus einer mineralischen Matrix bestehen, organische Anteile liegen um mindestens eine Größenordnung geringer vor (0,5 bis einige Gewichts-%).

Aufgrund der Zerstörungen durch den 2. Weltkrieg existieren in Europa vielfache Erfahrungen über Eigenschaften und Verwertung von Bauschutt. Hoffmeister (1948) berichtete bereits 1948 über Stoffgruppenanalysen von Bauschutt aus Nürnberg und Stuttgart. Er weist besonders auf die Unterschiede in den verwendeten Baumaterialien zwischen Nord- bis Mitteldeutschland (mehr Ziegel) und Süddeutschland (mehr Naturstein) hin. Bansch und Plattner haben den Aufbau und damit die Zusammensetzung unterschiedlicher Bauwerke anhand von Ausschreibungsunterlagen analysiert (Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau der TU Wien, 1991). In Linz und Wien wurden im Zuge von Abbrüchen mehrere Gebäude aus der Gründerzeit untersucht (BMUJF, 1994).

Aus den vorliegenden Untersuchungen läßt sich ablesen, daß die Anteile von Beton und Ziegel im Bauschutt dominieren, in Abhängigkeit vom Alter und der damit verbundenen Bauweise des abgebauten Bauwerkes. Regional kann Naturstein einen wesentlichen Anteil des Bauschuttes ausmachen.

Tabelle 3-3:
Stoffgruppenzusammensetzung von Bauschutt
(verschiedene Literaturangaben)

Stoffgruppen		Stuttgart 1948 Masse-%	Nürnberg 1948 Masse-%	NL 1980-82 Masse-%	Wien 1993 Masse-%
Mineralisches Material, zement- gebunden	Normalbeton a)	10,00	1,10	3 - 93	0,5 - 3,3
	Leichtbeton	0,10	0,00	0 - 8	k.A.
	Zementmörtel	0,50	0,00	0 - 9	k.A.
	Asbestzement	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,4
	Betonstein/MW	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,6
Keramisch	Ziegel b)	20,20	25,60	2 - 80	75 - 85
	Andere c)	1,00	0,20	0 - 11	0,1 - 0,4
Naturstein	verschiedene	26,60	17,40	0 - 21	0,8 - 2,0
Andere	Beschüttung	k.A.	k.A.	k.A.	1,4 - 6,4
	Gipsbaut.	0,10	0,00	k.A.	< 0,01
	Putz d)	0,70	1,00	0 - 35	0 - 6,6
	Kaminmauerwerk	k.A.	k.A.	k.A.	0,4 - 5,9
	Glas	0,20	0,00	1,40	0,05 - 0,2
	Sanitärbauteile	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,02
Metalle	Eisenmetalle	2,30	0,30		0,07 - 0,2
	Nichteisenmetalle	0,20	0,00	0 - 2	< 0,01
	Metalle e)	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,1
Organische Materialien	Dachpappe f)	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,06
	Gipskartonplatten	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,07
	Holz	0,20	0,00	k.A.	1,6 - 3,0
	MGH g)	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,03
	Wandbeläge, Anstriche	k.A.	k.A.	k.A.	0,1 - 0,2
	Schaumstoffe	k.A.	k.A.	k.A.	< 0,01
	Kst.-profile	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,02
	Kst.-folien, -beläge	k.A.	k.A.	k.A.	0 - 0,2
Summe sortiert		62,10	45,60	k.A.	100
Feintelle unsortiert h)		37,90	54,40	k.A.	0
Summe gesamt		100,00	100,00	100,00	100

a) bewehrt und nicht bewehrt

b) Ziegelmauerwerk inklusive Klinker und Bodenpflaster, Dachziegel

c) keramische Wand- und Bodenbeläge

d) inklusive Kalk- und Zementmörtel

e) Metalle ohne nähere Materialangabe

f) inklusive Dichtungsbahnen ohne Materialangabe

g) mineralisch gebundene Holzwerkstoffe

h) Durchmesser kleiner 40 mm

Quellen:

Nürnberg und Stuttgart 1948: Hoffmeister 1948

Niederlande 1980 - 82: CUR/VB Onderzoekcommissie B29 zitiert in Hansen (Hrsg.) 1992

(Bandbreite einer Auswahl von 8 verschiedenen Anlagen)

Wien 1993: BMUJF (Hrsg.) 1994

3.2 Chemische Analyse - Gesamtgehalte

Schwankungen in der stofflichen Zusammensetzung sind für Bauschutt (vgl. Tabelle 3-3), aber auch innerhalb einer Baustoffgruppe nichts Ungewöhnliches. Beispielsweise variieren Ziegel sowohl in ihren physikalischen Eigenschaften (z.B. Druckfestigkeit, Porosität) als auch in ihrer chemischen Zusammensetzung (Lehm-, Gipsanteil, Kieselsäuregehalt etc.). In Natursteinen, natürlichen Sanden und Zuschlägen sind derartige Variationen üblicherweise noch größer.

Die Gesamtgehalte verschiedener Stoffe im Bauschutt wurden von Brunner und Stämpfli (1993) veröffentlicht. Dabei wurden bereits sortierte Fraktionen einer Aufbereitungsanlage untersucht. Aus den Stoffgehalten der einzelnen Fraktionen wurde der Stoffgehalt des angelieferten Materials hochgerechnet. Es ist allerdings anzumerken, daß es sich bei der untersuchten Sortieranlage um eine Aufbereitungsanlage für Baustellenabfälle handelte, d.h. das angelieferte Material wurde auf der Baustelle nicht vorsortiert, mineralischer Bauschutt und Baustellenabfälle lagen als Gemisch vor. Die Ergebnisse können daher nur bedingt mit rein mineralischem Bauschutt, der getrennt von anderen Baurestmassen gesammelt und Aufbereitung zugeführt wird, verglichen werden. Vom Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau (1991) wurden Stoffgehalte in einzelnen Baustoffen untersucht. Als Referenzwerte wurden auch die Gehalte in einigen Gesteinen bestimmt.

Ein Vergleich der untersuchten Baustoffe zeigt einige Unterschiede zum Naturstein bzw. zur Erdkruste. Für einige Schwermetalle können die Gehalte im Bauschutt um eine Größenordnung über dem geogenen Hintergrund liegen, ebenso ist eine Anreicherung von Schwefel und Kohlenstoff im Bauschutt gegenüber der Erdkruste erkennbar (vgl. dazu auch Brunner und Stämpfli, 1993).

Über die Art und Konzentrationen der in nicht kontaminiertem Bauschutt vorkommenden organischen Verbindungen ist derzeit wenig bekannt. In Lysimeterversuchen festgestellte CSB-Belastungen der Percolate dürften vorwiegend auf Holzbestandteile (Lignin) zurückzuführen sein. Vereinzelt kann jedoch eine höhere organische Belastung, z.B. durch Holzschutzmittel und Chemikalien gegen Mauerwerkspilze, nicht ausgeschlossen werden (siehe dazu beispielsweise Kreidler, 1993).

Tabelle 3-4:
Gesamtgehalte ausgewählter Stoffe in Baustoffen und Bauschuttfraktionen

Quelle		Brunner/Stämpfli '93		Basorag '91	Inst. f. Wassergüte 1991			Grenzwert
Material		Schwer- fraktion a)	Bauabfälle gesamt b)	Siebfraction 30/80 mm c)	Mörtel 4/11,2 mm	Bauschutt < 10 mm	Gipsziegel 4/11,2 mm	Inertstoff d) DeponieVO
Analysenparameter in mg/kg TS								
Nichtmetalle								
Kohlenst. total	C total	48.000	93.000	54.800	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Kohlenst. ano.	C anorg	38.000	33.000	33.200	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Kohlenst. org.	C org	9.900	60.000	21.600	n.b.	n.b.	n.b.	20.000
Phosphor	P	440	410	20	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Schwefel	S	3.900	5.800	10.200	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Chlor	Cl	170	840	< 1000	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Metalle								
Natrium	Na	990	930	3.200	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Magnesium	Mg	12.000	9.600	6.400	n.b.	n.b.	n.b.	k.A.
Aluminium	Al	12.000	9.500	35.000	n.b.	8.000	1.000	k.A.
Chrom	Cr	130	150	36	22	18	3	300 (500)
Eisen	Fe	20.000	40.000	22.200	11.300	9.200	2.900	k.A.
Kupfer	Cu	330	670	790	12	62	4	100 (500)
Zink	Zn	170	790	190	34	137	30	500 (1000)
Cadmium	Cd	0,5	1,0	0,6	< 0,5	0,4	< 0,5	2,0
Quecksilber	Hg	0,1	0,2	0,4	n.b.	n.b.	n.b.	1,0
Blei	Pb	930	630	170	106	31	n.b.	150 (500)

a) Steine, Beton und Schwerfraktion

b) vermischte Bauabfälle, mit organischen Anteilen (Baustellenabfälle)

c) Siebfraction einer Aufbereitungsanlage für Bauabfälle, Maximalwerte

d) Klammerwerte gelten als Grenzwerte, wenn sie geogen bedingt sind

n.b. = nicht bestimmt

k.A. = keine Angabe

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ

Aufgrund der stark unterschiedlicher Zusammensetzung von Bauschutt ist es nicht möglich, von den Eigenschaften des einzelnen Materials bzw. einzelner Stoffgruppen wie z.B. Beton, Naturstein, Ziegel oder Mörtel, auf die Eigenschaften beliebiger Mischungen dieser Materialien zu schließen.

4.1 Für die Verwertung als Betonzuschlagstoff relevante Eigenschaften

Für die Betonprüfung bzw. für Zuschläge gelten einige Normen, in denen Eigenschaften und Qualitätskriterien festgelegt sind, dies sind u.a. die ÖNORMen:

- | | |
|--------|--|
| B 3303 | Betonprüfung |
| B 3304 | Betonzuschläge aus natürlichen Vorkommen, Eigenschaften, Prüfung, Abnahme |
| B 3305 | Betonangreifende Wässer, Böden und Gase; Beurteilung und chemische Analyse |

- B3306 Prüfung der Frost-Tausalz-Beständigkeit von vorgefertigten
Betonerzeugnissen
B 4200/Teil 10 Beton, Herstellung und Überwachung

Lukas (1992) weist darauf hin, daß bei der Verwendung von Recycling-Material als Zuschlag fallweise einige Punkte in Ö-Normen (er erwähnt hier die Normen B 3303, B 3304, B 4200/10. Teil) nicht erfüllt werden können. In solchen Fällen ist eine intensive Beratung des Betonanwenders durch den Betonhersteller erforderlich.

4.1.1 Dichte und Wichte des Zuschlages

Unterschieden werden:

- Dichte (kg/m^3): Materialmasse ohne Haufwerks- oder Eigenporen
 Rohdichte (kg/m^3): Materialmasse mit Eigenporen im Material
 Schüttdichte (kg/m^3): Materialmasse mit Eigen- und Haufwerksporen, lose geschüttet, variiert nach Eigenfeuchte und nach Art der Verdichtung des Schüttgutes
 Wichte (kN/m^3): volumenbezogenes Gewicht

Da die Rohdichte von Zementstein als konstant angesehen werden kann (3.100 kg/m^3 für Portlandzement, 3.000 kg/m^3 für Hochofenzement), kann für den Beton eine Änderung der Rohdichte nur über den Zuschlag erfolgen, wobei folgende Regelungen gültig sind:

- | | |
|-------------|---|
| Leichtbeton | $< 2.000 \text{ kg/m}^3$ |
| Normalbeton | $2.000 - 2.800 \text{ kg/m}^3$; i.a. 2.400 kg/m^3 , mit Stahlanteil 2.500 kg/m^3 |
| Schwerbeton | $> 2.800 \text{ kg/m}^3$ |

Natürliche Zuschläge für Normalbeton (Kies oder Schotter) haben eine Rohdichte von etwa 2.500 kg/m^3 (entspricht z.B. Quarzkies). Diese Rohdichte wird von einzelnen Komponenten im Bauschutt erreicht, z.B. Betonsplitt, dichter Kalkstein (bis 2.700 kg/m^3 möglich), während ein großer Anteil der Komponenten des Bauschuttes diesen Wert unterschreiten. Deisl (1993) gibt eine Dichte von 2.360 kg/m^3 für Recyclingzuschlag an.

Die ÖNORM B 4011 "Lagergüter" gibt folgende Wichten für geschüttete Materialien an:

- | | | |
|----|-----------------|---|
| 14 | kN/m^3 | Bauschutt |
| 12 | kN/m^3 | Ziegelsplitt |
| 18 | kN/m^3 | Betonzuschläge aus natürlichem Gestein, erdfeucht |
| 20 | kN/m^3 | Betonzuschläge aus natürlichem Gestein, naß |

4.1.2 Korngruppen, Sieblinien

Korngröße:

Unterschieden werden die Korngruppen:

- | | | |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------|
| Abschlämmbares: | unter $0,063 \text{ mm } \varnothing$ | vermindert die Haftung |
| Mehlkorn: | unter $0,025 \text{ mm } \varnothing$ | in richtiger Menge gut |
| Sand: | bis zu $4 \text{ mm } \varnothing$ | |
| Kies: | über $4 \text{ mm } \varnothing$ | Rundkorn |
| Splitt: | über $4 \text{ mm } \varnothing$ | Kantkorn |

Die Grobfraktionen ($> 4\text{ mm } \varnothing$) von aufbereitetem Bauschutt liegen bedingt durch die Aufbereitung größtenteils als Splitt vor (Ziegelsplitt, Betonsplitt, Mauerwerkssplitt).

Korngruppenverteilung - Sieblinie:

An die Sieblinien von aufbereitetem Bauschutt werden im Prinzip für die Betonherstellung die gleichen Anforderungen gestellt, wie sie an Zuschlagstoffe aus natürlichem Gestein gestellt werden. Durch eine entsprechende Aufbereitungstechnik ist es auch möglich diesen Anforderungen gerecht zu werden. Für die Herstellung von qualitativ hochwertigen Betonen ist es allerdings erforderlich, einzelne Korngruppen des aufbereiteten Bauschuttes durch Natursande zu ersetzen oder zu ergänzen bzw. zusätzliche Eignungsprüfungen an den Korngruppen durchzuführen. Ein ähnlicher Weg wird auch in der österreichischen "Richtlinie für Recycling-Baustoffe" (1992) beschrieben, die Empfehlungen für die Anwendung bzw. Einsatzgebiete von Recycling-Baustoffen angibt. Obwohl sich die Hersteller der Recycling-Baustoffe verpflichten, eine ausreichende Anzahl von Prüfungen durchzuführen (Eigenüberwachung und Fremdüberwachung) wird beispielsweise für die Granulatart RB (gebrochenes Betongranulat), Güteklasse I für die Herstellung von Betongütern ab B 225 der zusätzliche Eignungsnachweis für das Recyclingmaterial verlangt, während für die Betongüteklasse B160 die Eignung vorausgesetzt wird. Ebenso wird der Anteil an Abschlämmbarem ($\varnothing < 63\text{ mm}$) in Abhängigkeit der Güteklasse begrenzt und in den Sieblinien festgelegt.

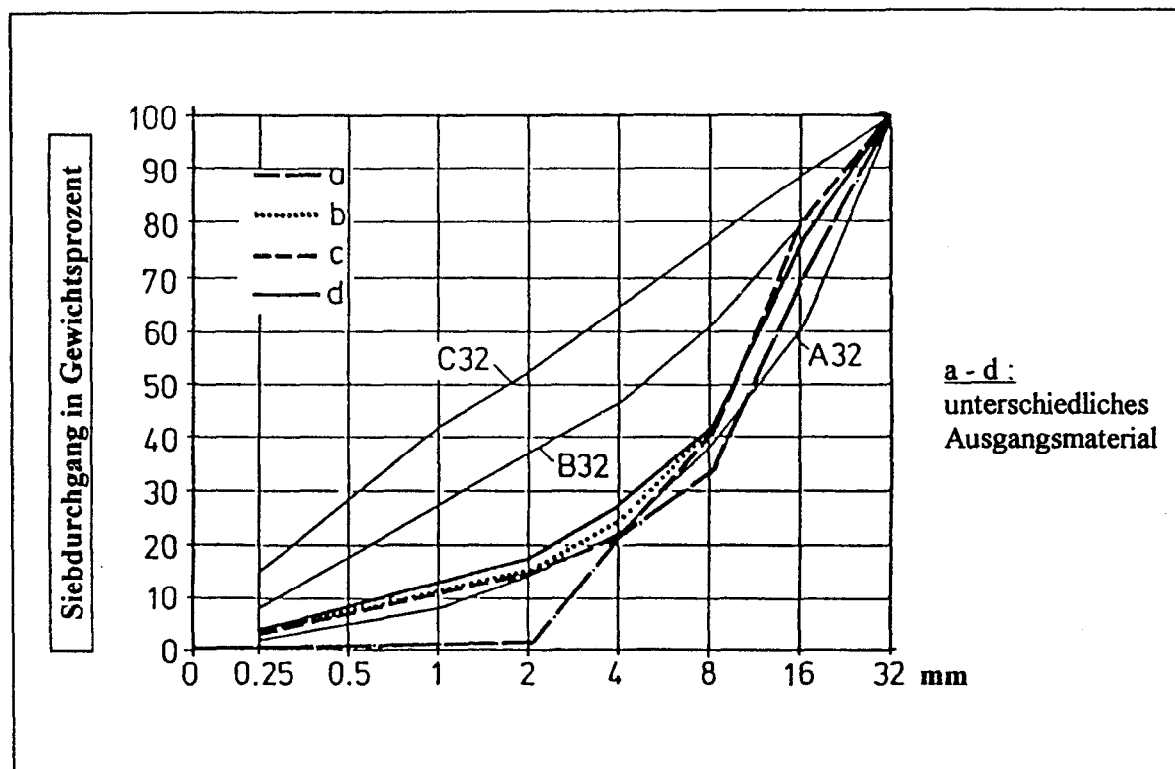


Abbildung 4-1:
Sieblinien von aufbereitetem Bauschutt, Fraktion 0/32 mm
(Hansen, 1992)

Der Anteil der Korngruppe 0/4 mm wird häufig durch natürliche Sande ersetzt (vgl. dazu Hansen, 1992).

4.1.3 Kornfestigkeit und Frostbeständigkeit

Natürliche Zuschläge sind hinsichtlich der Festigkeit dem jungen Zementstein i.a. weit überlegen, bei der Verwendung von Zuschlägen aus der Bauschuttzubereitung kann von dieser höheren Festigkeit nicht immer ausgegangen werden. Im Zweifelsfall wird daher für Zuschlag aus Recyclingmaterial die Kornfestigkeit überprüft, insbesondere dann, wenn erhöhte Mörtelanteile o.ä. im Bauschutt vorhanden waren. Auch die Abriebfestigkeit der Recyclingzuschläge kann gegenüber natürlichen Zuschlägen geringer sein.

Für den Kornabrieb (Los Angeles Wert) werden von Hansen und Narud (1983) 22,4 % für die Korngruppe 16 - 32 mm, bis 41,4 % für die Korngruppe 4 - 8 mm angegeben. Die Building Contractors Society of Japan (B.C.S.J., 1978) geben für Recycling-Aggregate aus 15 verschiedenen Betonsorten LA-Werte von 25,1 % bis 35,1 % an. Hansen (1992) schließt daraus, daß für Recycling-Baustoffe aus zerkleinertem Beton, mit Ausnahme der minderen Betonqualitäten ein LA-Wert von < 30 % eingehalten werden kann.

Ähnliches gilt für die Frostbeständigkeit. Während natürliche Zuschläge i.a. nur einen geringen Anteil frostempfindlicher Körner enthalten, muß dies für Zuschläge, die aus Bauschutt gewonnen wurden nicht zutreffen und daher im Einzelfall untersucht werden (vgl. dazu auch die Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 1993).

Lukas (1992) berichtet von Untersuchungen an Betonproben, die mit unterschiedlichen Mischungen aus Recyclingmaterialien als Zuschlag hergestellt wurden. Er wies nach, daß die in den Versuchen angestrebte Betonfestigkeitsklasse von B 300 bei geeigneter Betonrezeptur in allen Fällen erreicht werden konnte. Während die Frostbeständigkeit ebenfalls unabhängig von der Zusammensetzung des verwendeten Recycling-Zuschlages in jedem Fall gegeben war, wurde die Frost-Tausalz-Beständigkeit nur dann erreicht, wenn der Feinanteil des Zuschlages durch Natursand ersetzt wurde bzw. bei jenen Proben, wo kein Ziegelbruch im Zuschlag eingesetzt wurde. Aufgrund dieser Ergebnisse ist für Lukas "...der Einsatz von reinem Recycling-Beton an bestimmte Herstellungskriterien gebunden und für bestimmte Anwendungsgebiete ...ausgeschlossen".

Bilitewsky et al. (1990) empfehlen Ziegelsplittbeton nur in Bauteilen zu verwenden, die nicht unmittelbar der Witterung ausgesetzt sind.

Auch Erismann (1993) gibt als Anwendungsgebiete für Recyclingbeton "...Bauteile, die nicht der Witterung ausgesetzt sind" an.

4.1.4 Wasseraufnahme

Bei der Verwendung von aufbereitem Bauschutt als Zuschlagstoff ist ein erhöhter Wasserbedarf für die Betonrezeptur zu berücksichtigen (vgl. dazu u.a. Erismann (1993), Lukas (1992)). Wird eine höhere Betongüteklasse angestrebt, so sind Vorversuche mit unterschiedlichen Wasserzugaben erforderlich. Je größer die Porosität des verwendeten Zuschlagstoffes, desto größer auch die Wasserabsorptionskapazität des Materials. Auch Bergmeister (1994) weist auf den erhöhten Wasserbedarf für die Verarbeitung von Recyclingmaterial an. Zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit gibt er für das Vornässen von

Betongranulat eine Wassermenge in der Größenordnung von mehreren Gewichts-% der Zuschlagstoffmasse an. Für Ziegelsplitt als Zuschlag können für das Vornässen bis zu 25 Gewichts-% Wasser erforderlich werden.

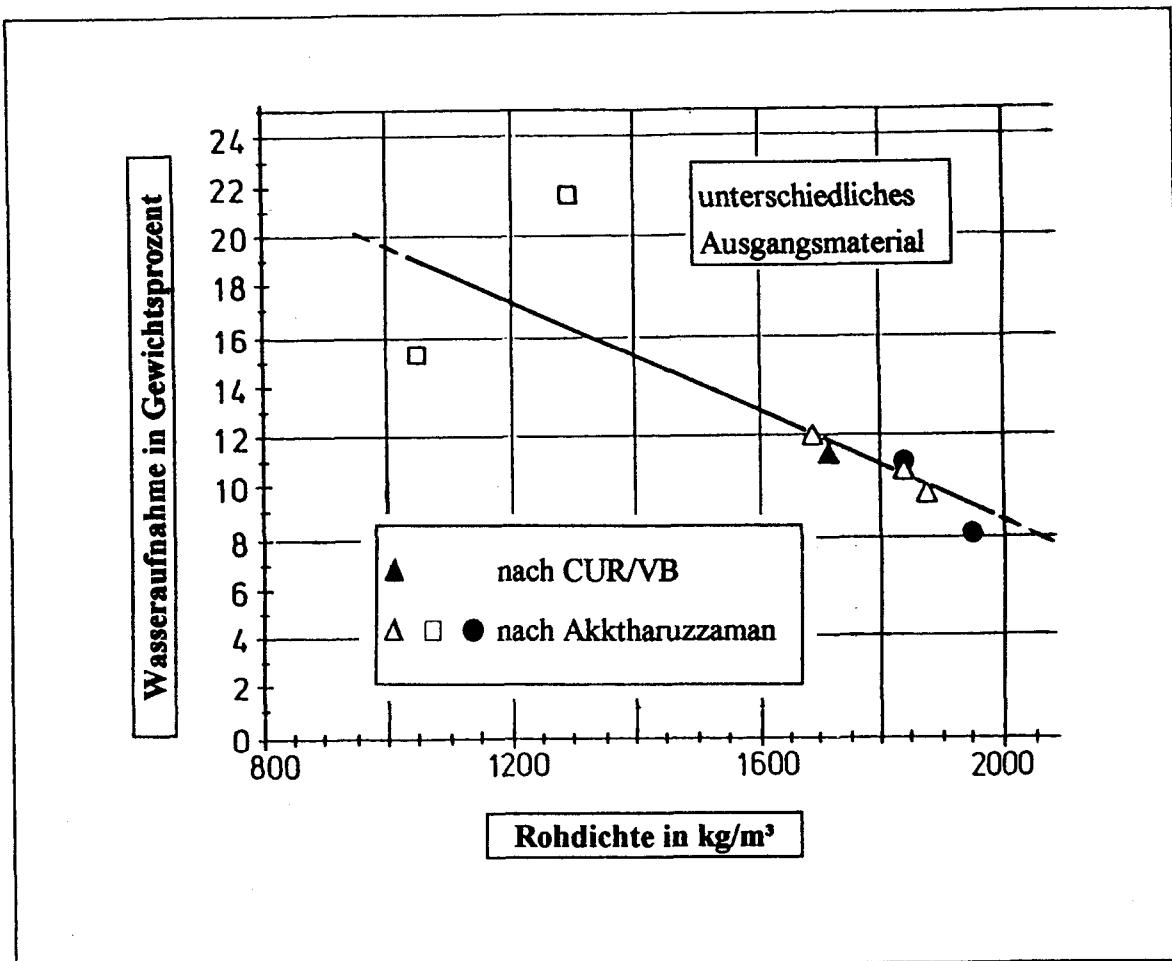


Abbildung 4-2:

Wasseraufnahme des Zuschlagstoffes nach 30 Minuten und Trockendichte von Bauschutt (nach Akktharuzzaman und Hasnat (1983) und CUR/VB Onderzoekcommissie 29 (1984))

4.1.5 Kritische Inhaltsstoffe, Verunreinigungen

Als kritische Inhaltsstoffe bzw. Verunreinigungen werden im Sinne dieses Punktes alle jene Stoffe bezeichnet, die sich auf die Qualität des Betons ungünstig auswirken und keine beabsichtigte Beeinflussung der Betoneigenschaften darstellen.

Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe gibt als Meßgröße kritischer Inhaltsstoffe und Verunreinigungen Eluatklassen für die verschiedenen Anwendungen an. Diese Eluatklassen entsprechen jenen der ÖNORM S 2072 "Eluatklassen" (Dezember 1990), sie wurden ursprünglich für die Zuordnung von Abfällen zu Deponietypen geschaffen.

Verunreinigungen

Lösbare Krusten, Lehm, tonige Substanzen, organische Stoffe, anhaftende Feinteile oder Staub, ein hoher Anteil an Abschlammbarem beeinträchtigen den Verbund zwischen Zementstein und Zuschlag.

Um einen hochwertigen, uneingeschränkt anwendbaren Zuschlag aus Bauschutt zu erhalten wird versucht, derartige Verunreinigungen durch Waschen zu entfernen. Derzeit angewendet bei der Aufbereitung von Bauschutt werden die Verfahren Aquamatoren und Aufstromsortierer. Bilitewsky et al. (1990) geben an, daß mit den nassen Aufbereitungsverfahren Verunreinigungen auf weniger als 0,5 Gew.-% reduziert werden können. Darüberhinaus liege der Wassergehalt des gereinigten Materials im optimalen Bereich.

Die vorläufige, niederländische Norm (Empfehlung) "Mauerwerksschutt für Beton" (1984) legt für den Zuschlagstoff die folgenden Stoffgruppenanteile fest:

- mindestens 65 G-% zerkleinerter Bauschutt
- maximal 20 G-% Leichtbeton, keramische Produkte und Naturstein
- maximal 10 G-% Porenbeton
- maximal 25 G-% Mörtel.

Darüberhinaus werden Toleranzbereiche für die Sieblinien angegeben. In der Korngruppe 0/4 mm darf der Anteil dispergierbarer Materialien 4 G-%, in allen anderen 2 G-% nicht übersteigen.

Die niederländische Arbeitsgruppe "Bau- und Abrißschutt" vom Zentrum für Forschungs- und Vertragsstandardisierung im Hoch- und Tiefbau sowie im Straßenbau (CROW) hat 1990 Spezifikationen für Fundamentgranulat aus wiederaufbereiteten Materialien erarbeitet (Sweere, 1993). Es werden 3 Granulatgruppen unterschieden:

- Betongranulat
- Mischgranulat (Betongranulat/Mauerwerksbruch)
- Granulat aus zermahlenem Mauerwerk

Neben den Hauptbestandteilen werden "Zusätzliche Elemente" und "Unreinheiten" begrenzt. Wobei Unreinheiten wie "Nichtgesteine" (wie Putz, Kunststoff, Gummi, Polystyrol) generell mit 1% (sowohl Masse als auch Volumen) und "abbaubare organische Materialien" (wie Holz oder pflanzliche Reste) generell mit 0,1 % (Masse) begrenzt wurden.

Die österreichische Richtlinie für Recycling-Baustoffe (1992) legt diesbezüglich einerseits den zulässigen Anteil an Abschlammbarem fest, andererseits wird auch der Anteil an bituminösem Material begrenzt.

Chloride

Chloride regen einerseits den Hydratationsvorgang stark an und wurden deshalb auch als Erstarrungsbeschleuniger und auch als Frostschutz eingesetzt (beispielsweise CaCl_2). Andererseits beschleunigen Chloride den Korrosionsvorgang, ihre Anwendung als Zusatzmittel für Beton mit Stahlbewehrung ist daher nicht zulässig. Eine rohstoffbedingte Höchstmenge für Chloride in Zuschlagstoffen wird durch verschiedene Regelungen im In- und Ausland vorgeschrieben, sie liegt in der Größenordnung von etwa 0,1 Massen-% Cl.

Die ÖNORM B 3304 legt den Grenzwert für den wasserlöslichen Anteil an Chloriden, berechnet als Chlor, mit 0,01 Masse-% Zuschlages fest. Der europäische Normenentwurf ENV 206 (Vornorm 11/1990) "Beton - Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütesicherung" gibt für das Zuschlaggemisch für Beton einen Grenzwert von 0,15 M-%, für Stahlbeton von 0,05 m-% Cl⁻ an. In der ÖNORM B 3310 "Zement für Bauzwecke" ist der Grenzwert für Chlorid mit 0,1 % des Zementgewichtes angegeben.

Die vorläufige, niederländische Norm (Empfehlung) "Mauerwerksschutt für Beton" (1984) legt für den Chloridanteil ebenfalls Grenzwerte, in Abhängigkeit der Betonanwendung, fest. Wegen möglicher Meßungenauigkeiten werden für die Praxis zusätzlich Toleranzwerte angegeben (< und > Werte der Tabelle 4-1).

Erismann (1993) gibt für Recyclinggranulate für die Betonproduktion ähnliche Werte an, Gesamtchloridgehalt ≤ 0,12 M-% für unbewehrten und 0,05 M-% für bewehrten Beton.

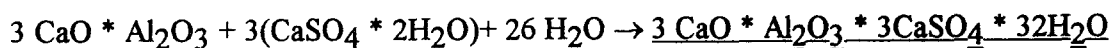
Nach Rechberger (1994) zeigen die Erfahrungen der österreichischen Zementindustrie, daß der Chlorid-Schwellenwert für Stahlbeton bei 0,6 - 1,0 Gewichts-% Chlorid liegt, bezogen auf den Zement im Beton. Mit diesem Schwellenwert werden Chlorideinträge durch die Nutzung berücksichtigt (z. B. bedingt durch Streusalzaufbringung).

Tabelle 4-1:
Maximaler Chloridgehalt in Abhängigkeit von der Betonanwendung
(nach der vorläufigen niederländischen Norm, 1984)

Korngruppe	Unbewehrter Beton Chlorid G-% TS		Stahlbeton Chlorid G-% TS		Spannbeton Chlorid G-% TS	
	Grenzwert	Praxiswert	Grenzwert	Praxiswert	Grenzwert	Praxiswert
0/4	1,0		0,10	< 0,08	0,015	< 0,012
unzulässig				> 0,11		> 0,017
Andere	1,0		0,05	< 0,04	0,007	< 0,006
unzulässig				> 0,055		> 0,008

Gips- bzw. Schwefelanteil:

Gipsanteile bzw. sulfathaltige Wässer oder Zuschläge bilden mit dem C₃A-Anteil (Trikalziumaluminat) den sehr kristallwasserreichen Ettringit (Trisulfat) und bremsen dadurch den üblicherweise sehr rasch ablaufenden Vorgang der Hydratation. Eine überhöhte Zugabe solcher sulfathaltiger Komponenten zum Beton kann daher zur verstärkten Bildung von Ettringit führen:



Der hohe Kristallwassergehalt des Ettringites führt letztlich zum Wachstum nadelförmiger Kristalle, die durch ihre Volumsvermehrung einen Kristallisationsdruck erzeugen, der schließlich die Sprengung des Zementsteingefüges bewirkt (u.a. als Gipstreiben, Sulfatreiben, Zementbazillus bezeichnet). Die Ettringitbildung kann also Sulfationen (hauptsächlich aus dem Gips stammend) in gewissem Umfang chemisch binden, (beispielsweise auch in einer Bauschuttdeponie).

Diesem Umstand wurde in Österreich bei der Festlegung von Sulfatgrenzwerten Rechnung getragen. Die ÖNORM B 3304 fordert für die Zuschlagstoffe, daß der Gehalt an Sulfaten, berechnet als SO_3 , 0,3 Masse-% des bei 105°C getrockneten Zuschlages nicht überschreiten darf. Zusätzlich ist die Gefährlichkeit vorhandener Sulfide durch einen Fachmann zu beurteilen. Für die Praxis bestehen in Abhängigkeit vom Zementgehalt die folgenden Höchstgehalte an Schwefelverbindungen angegeben (Krapfenbauer/Sträubler, 1991):

bis 220 kg Zement/m³ Fertigbeton.....0,4 Masse-% des reinen Zuschlagstoffes
220 - 350 kg Zement/m³ Fertigbeton.....0,5 Masse-% des reinen Zuschlagstoffes
über 350 kg Zement/m³ Fertigbeton.....0,7 Masse-% des reinen Zuschlagstoffes

Die vorläufige niederländische Norm (1984) legt den Sulfatanteil mit maximal 1 Gewichts-% im Zuschlag fest.

Schon frühzeitig belegen zahlreiche Untersuchungen (Graf (1949); Garbotz (1950); Hoffmeister (1948); Eberlein (1949 und 1950)), daß ein großer Anteil des Sulfates in Fraktionen der $\varnothing < 4$ mm zu finden ist. Darüberhinaus ist eine erhöhter Wasserbedarf bei der Betonrezeptur zu berücksichtigen. Es wird daher heute für die Herstellung hochwertiger Betone häufig der Weg beschritten, den Feinanteil aus der Aufbereitung von Bauschutt durch natürlichen Sand zu ersetzen (vgl. dazu Akhtaruzzaman und Hasnat (1983), Lukas (1992)).

Organische Stoffe

Einige organische Stoffe werden u.a. als Betonzusatzmittel eingesetzt, z.B. als Erstarrungsverzögerer. Organische Stoffe, die mit dem Zuschlag oder dem Anmachwasser eingebracht werden sind allerdings unerwünscht, da ihre Wirkungen auf die Betonqualität nicht quantifizierbar sind. Betonschädigend wirken organische Säuren, wie beispielsweise Phenole, Fettsäuren (Bildung von sogenannten "Kalkseifen" möglich) oder Huminsäuren (erhärtungsverzögernd und festigkeitsmindernd).

Kreidler (1993) weist darauf hin, daß bei Mischabbruch und Mischungen aus Asphalt- und Betongranulat in Eluat und Sickerwasser erhöhte organische Stoffgehalte auftreten. Der Gehalt an organischen Kohlenstoffen in den Eluaten, gemessen als DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) oder als TOC (totaler organischer Kohlenstoff) sei gegenüber Primärkiesen mäßig bis stark erhöht. Ebenso wurden absorbierbare organische Halogenverbindungen im Eluat von Mischabbruchgranulaten gefunden. Kreidler schließt daraus u.a.: "...Hilfsstoffe wie Betonzusatzmittel, Kleber, Kunststoffzusätze etc. dürften einen beachtlichen Teil der relevanten Schadstoffbelastungen in Kiesersatzmaterialien ausmachen." Für die Baupraxis folgert er daraus, daß die hydrologischen und hydrogeologischen Randbedingungen für eine Anwendung verstärkt zu beachten sind. Mischabbruchgranulat sollte bei geeigneter Zusammensetzung für die Herstellung von Füll-, Hüll- und Unterlagsbeton verwendet werden, die lose Verwendung sei nur dann anzustreben, wenn keine höherwertige Verwertungsmöglichkeit bestehe.

Bituminöse Anteile

Bituminöse Anteile im Recyclingzuschlag können die Festigkeit des Betons vermindern, wie bisherige Untersuchungen belegen (Ray (1984) und Fergus (1981)).

Fergus (1981) untersuchte den Zusammenhang Betondruckfestigkeit versus Bitumenanteil im Recyclingmaterial. Wesentliche Festigkeitseinbußen wurden dabei bei Bitumenanteilen über 20 M-% merkbar.

Tabelle 4-2:
Betondruckfestigkeit und Bitumengehalt im Recyclingmaterial
(nach Fergus, 1981)

Bituminöser Betonanteil an der Grobfraktion	Bituminöser Betonanteil an der Feinfraktion	Druckfestigkeit (gerundet)	Reduktion der Druckfestigkeit
Volumen-%	Volumen-%	N/mm ²	%
0	0	33,9	0
14,3	0	33,0	2,4
17,0	0	30,3	10,6
21,7	0	28,5	15,8
30,8	0	28,5	15,8
30,8	30,8	21,4	36,6
100	100	7,6	77,5

Ähnliche Werte gibt auch Sommer (1992 und 1993) an. Bei Asphaltanteilen bis zu 20 M-% im Zuschlag (in diesem Fall Betonsplitt) konnten nur geringe Veränderungen des Elastizitätsmoduls (E-Modul) beobachtet werden. Erst höhere Anteile von Asphalt beeinträchtigten die E-Moduli erheblich. Hinsichtlich des Frost-Tausalz-Widerstandes zeigten sich Betone mit Asphaltanteilen von 5 M-% und 19 M-% beständig, Beton mit einem Asphaltanteil von 33 M-% hingegen nicht (vergleiche Abbildung 4-3).

Die bei praktischen Anwendungen gemachten Erfahrungen zeigen, daß bei einem Anteil von durchschnittlich 5 M-% (10 M-% bei Einzelproben) Altasphalt im Zuschlag die Festigkeiten zufriedenstellend ausfallen. Die festgestellten Biegezugfestigkeiten im Baulos "St. Pölten" der Westautobahn überschritten schon nach 3 Tagen den nach 28 Tagen geforderten Wert (Sommer, 1992 und 1993). Sommer stellt abschließend fest: "...die Aufbereitung des Altbetons und die Herstellung von neuem Beton der erforderlichen Güte bietet nach den Erfahrungen auf Autobahn-Erneuerungslosen in Österreich keinerlei Probleme." (Siehe auch die Studie zur Schlüsselnummer 31410 "Straßenaufbruch").

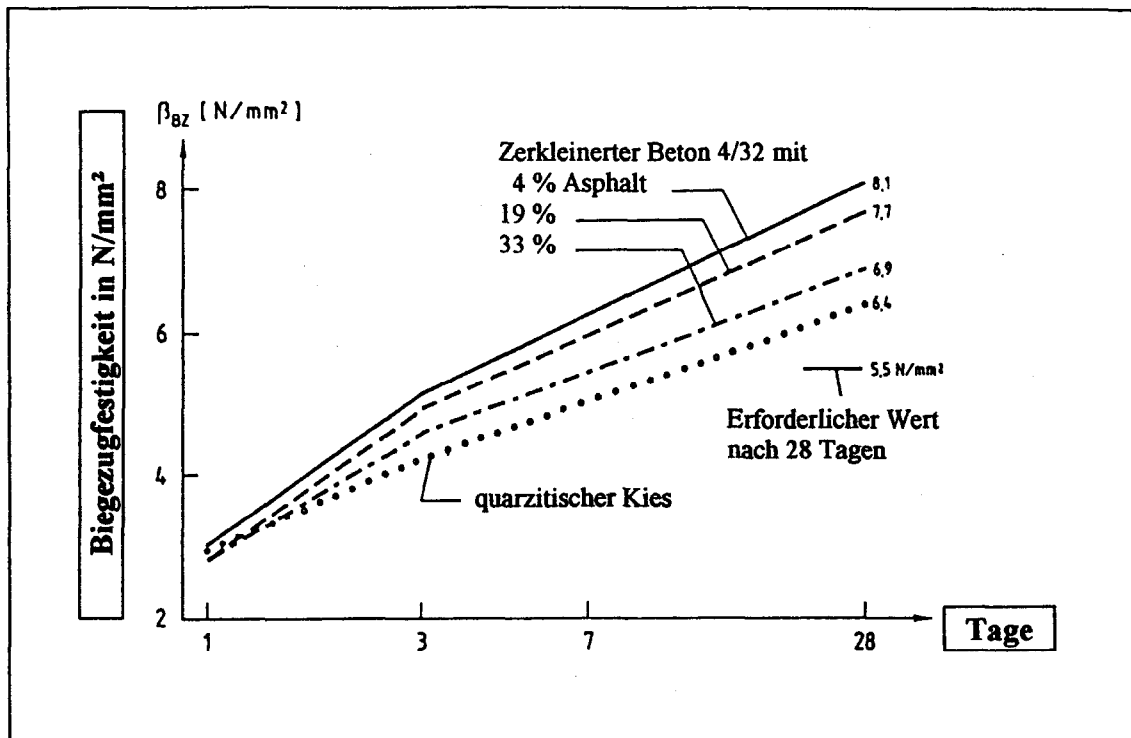


Abbildung 4-3:

Bitumenanteil im Betonzuschlag und Entwicklung der Biegezugfestigkeiten
(nach Sommer, 1992 und 1993)

4.2 Für den Einsatz in ungebundener Form relevante Eigenschaften

Für die Verwendung von Recycling-Baustoffen in ungebundener Form sind die Verdichtbarkeit des Materials und das Setzungsverhalten aus bautechnischer Sicht von Bedeutung.

Beim Einsatz von Recycling-Baustoffen in ungebundener Form stellt sich aber auch vermehrt die Frage nach der Umweltrelevanz, im wesentlichen Gewässerverträglichkeit. Eine schädliche Beeinflussung von Grund- und Oberflächengewässern ist zu vermeiden. Dies ist nur dann möglich wenn sichergestellt ist, daß das Auslaugverhalten auch langfristig dem geogenen Hintergrund entspricht und der Anwendungsort und die bautechnischen Maßnahmen dem zu erwartenden Konzentrationsniveau entsprechend ausgewählt werden.

4.2.1 Korngruppen und Sieblinie

Für die Anwendung von Recycling-Baustoffen in ungebundener Form sind spezifische Qualitätskriterien zu erfüllen, wie beispielsweise nach den Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, RVS, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, die vom Bundesministerium für Bauten und Technik für verbindlich erklärt wurden. Die RVS 8.511 "Technische Vorschriften und Anleitungen für die Herstellung ungebundener Tragschichten" (1981) gibt für ungebundene Tragschichten im Straßenbau Qualitätskriterien vor. Diese Anforderungen, z.B. an die Sieblinien für Recycling-Baustoffe können i.a. durch entsprechende Zerkleinerungs- und Siebprozesse erfüllt werden.

4.2.2 Kornfestigkeit und Frostbeständigkeit

Für den Einsatz als Schütt- oder Künettenfüllmaterial ist ausreichende Kornfestigkeit oder Frostbeständigkeit nachzuweisen. Für den Einsatz als ungebundene Tragschichte können bestehende Bauweisen nach der RVS 3.63 adaptiert werden (Recyclingbauweisen und Sonderbauweisen) um so ausreichende Tragfähigkeit und Frostbeständigkeit der Konstruktion zu erreichen.

4.2.3 Kritische Inhaltsstoffe

Kritische Inhaltsstoffe sind sowohl im Hinblick auf ihre bautechnischen Auswirkungen, als auch im Hinblick auf ihre Umweltrelevanz zu beurteilen.

Der wesentliche Stoffaustrag bei der Anwendung von Recycling-Baustoffen erfolgt durch die den Baukörper durchsickernden Niederschlagswässer. Die Löslichkeit von Inhaltsstoffen ist daher ein wesentliches Kriterium für den Einsatz eines Materials.

Neben dem Aspekt der Wasserdurchlässigkeit ist auch das Ausmaß (Volumen, flächenhafte Ausdehnung und Einbaudicke) der jeweiligen baulichen Maßnahme zu berücksichtigen. In der Richtlinie für Recycling-Baustoffe werden beispielsweise für Dammschüttungen mit einer Einbauhöhe von > 1 m geeignete Überwachungsmaßnahmen verlangt.

Als kritische Inhaltsstoffe sind vor allem auslaugbare Sulfate aus Gipsanteilen, Chloride und Schwermetallbelastungen sowie fallweise organische Verunreinigungen aus der Anwendung von Bauchemikalien (Betonzusatzmittel, Anstriche, Kleber, Beschichtungen, Fungizide etc.) zu nennen. Kontaminationen, die durch die Nutzung von Bauobjekten entstanden sind, werden durch die vorliegende Schlüsselnummer nicht erfaßt, sind aber gegebenenfalls zu berücksichtigen. Eine Aufhärtung des Grundwassers durch lösliche (Ca(OH)_2) und teilweise lösliche (Gips) Hauptbestandteile ist in jedem Fall zu überprüfen (vergleiche dazu Dohmann/Tränkler 1986; Obermann et al. 1989, Inst. für Wassergüte, 1991). Holz, Papier und andere biogene Beimengungen können zu einem reduzierenden Sickerwasser führen und damit eine Sauerstoffzehrung im Grundwasser verursachen.

Kreidler (1993) stellt fest, daß Recycling-Kiessande, die weniger als 5 M-% Beton und Asphaltgranulat aufweisen, als Primärkiessande verwendet werden können. Er weist aber darauf hin, daß unabgedeckte Foundationsschichten aus lose eingebauten Bauschuttfractionen eine hohe Durchlässigkeit für Niederschlagswasser aufweisen und ein Schadstoffaustrag insbesondere in den ersten Jahren beträchtlich sein kann. Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe berücksichtigt beispielsweise einen Oberflächenverschluß, der eine Durchsickerung verhindert und erlaubt dann höhere Eluatklassen.

4.3 Chemische Analyse - Eluate

Chemische Analysen von Bauschutt werden i.a. an einzelnen Fraktionen, die bei der Aufbereitung von Bauschutt anfallen durchgeführt. Die verschiedenen mineralischen Kornfraktionen weisen hinsichtlich ihrer Eluierbarkeit unterschiedliches Verhalten auf.

Feinfraktionen (Korngrößen unterschiedlich, je nach Anlage, bis $\varnothing = 15$ mm möglich) werden i.A. vor der Zerkleinerungseinheit vom Materialstrom abgetrennt, sie würden den

Brecher unnötig belasten. Mineralische Fraktionen, Recycling-Baustoffe, klassiert nach Korngrößen werden als Hauptprodukt der Aufbereitungsanlagen produziert.

Im Zuge der Studie "Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt" (Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau der TU Wien, 1991) wurden die Fraktionen einer Sortieranlage für Baurestmassen und verschiedene Baustoffe im Labor eluiert. Weiters wurden Sickerwässer von Freilandlysometern mit aufbereitetem Bauschutt untersucht.

Tobler et al. (1993) untersuchten ebenfalls verschiedene Sortierfraktionen einer Aufbereitungsanlage für Baustellenabfälle. Dabei wurde das DEV S4 in adaptierter Form angewandt, die Proben wurden für die Auslaugung nicht zerkleinert, der pH-Wert wurde anfänglich bei etwa 5 eingestellt, entsprechend demjenigen des Niederschlags.

Tabelle 4-3:
Eluate und Sickerwasser von Fraktionen aus der Bauschuttaufbereitung
(verschiedene Literaturangaben)

Material	Blei	Cadmium	Cr-ges.	Zink	NH ₄ -N	Cl ⁻	Sulfat	TOC	pH-Wert	elektr. Leitf.
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	µS/cm

TOBLER et al., 1993 - Maximalwerte angeführt, DEV S4 adaptiert a)

FF 0 - 15	0,043	0,0019	0,164	< 0,01	3,6	n.b.	n.b.	36	11,4	3760
MF 15 - 40	0,042	0,0021	0,103	< 0,01	1,1	n.b.	n.b.	50	11,3	3210
GF 40 - 300	0,017	0,0013	0,021	n.b.	2	n.b.	n.b.	13	10,48	3270
MF, nur Min.	< 0,005	n.b.	0,018	n.b.	0,35	n.b.	n.b.	8,7	9,65	2880

WASSERGÜTE, 1991, DEV S4, H₂O-Eluat

FF 0 - 10 mm	< 0,1	< 0,01	0,02	< 0,005	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	12,1	2700
Betonprobe	n.n.	n.n.	0,02	0,01	n.n.	< 0,5	< 10	< 10	12,0	2100
Vollziegel	n.n.	n.n.	0,21	0,01	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	11,9	2600
Gipsziegel	n.b.	< 0,002	< 0,01	< 0,01	n.b.	6,6	1400	n.b.	n.b.	2000

WASSERGÜTE, 1991, Sickerwasser aus einem Freilandlysimeter, (Schütthöhe 40 cm, nach 3 Monaten)

Aufbereiteter Bauschutt	n.n.	< 0,01	0,05	0,23	0,1	50	540	10	7,6	1150
-------------------------	------	--------	------	------	-----	----	-----	----	-----	------

BASORAG, 1991, - Maximalwerte angeführt, TVA Entwurf 8.88, CO₂-Eluat, b)

Anorg. - 30	0,005	0,002	0,005	3,8	0,15	n.b.	n.b.	n.b.	7,2	2600
Anorg. 30 - 80	< 0,01	< 0,0001	0,008	0,5	0,16	n.b.	n.b.	n.b.	6,7	2700
Anorg. 80 - 320	< 0,001	< 0,0001	0,02	0,16	2,7	n.b.	n.b.	n.b.	6,8	2750

DEPONIEVERORDNUNG, Entwurf vom Jänner 1994, DEV S4, H₂O-Eluat

Reststoff	1	0,1	2	10	10	k.A.	k.A.	C: 50	6 bis 12	3000
Baurestm.	0,2	0,05	0,2	2	4	k.A.	k.A.	C: 25	6 bis 13	3000
Inertstoff	0,1	0,005	0,1	1	0,8	k.A.	k.A.	C: 20	6,5 bis 11	1500

n.b.: nicht bestimmt; n.n.: nicht nachweisbar; k.A.: keine Angabe

FF Feinfraktion, Ø 0 - 15 mm;

MF Mittelfraktion, Ø 15 - 40 mm;

GF Grobfraktion, Ø 40 - 300 mm

a) Unzerkleinerte Probe, 1500 g in 15 l Farbmischeimerangesetzt; Rundrütteltisch (nicht Überkopfschüttler), pH-Wert von circa 5; 24 Stunden Schüttelvorgang; Wasser/Feststoffverhältnis 1:10

b) Elution unter ständiger Nachlieferung von Kohlendioxid. 70 g zerkleinerter Probe wurden mit 700 ml deionisiertem Wasser versetzt und auf einem Rotationsschüttelgerät bei 120 Upm 24 Std. lang unter Zufuhr von Kohlendioxid eluiert. Der Gasstrom betrug zwischen 100 und 500 ml/min. Anschließend wurde rasch filtriert.

Für die Konzentrationsverläufe der Schadstoffelution von Bauschuttfractionen läßt sich allgemein feststellen, daß die Konzentrationen anfangs relativ hoch liegen und mit zunehmendem Wasser/Feststoffverhältnis abnehmen. Kreidler (1993) berichtet dazu, daß dies auch durch Säulen-, Mulden- und Feldversuche bestätigt wurde. Er stellt weiters fest, daß die maximale Eluierbarkeit von Bauschuttfractionen in allen drei Versuchsanordnungen von der gleichen Größenordnung war, wie die durch den TVA-Eluattest ermittelte (gleich große Flächen in der Abbildung 4-4).

Wie verschiedene Erfahrungen zeigen, sind jedoch für den spezifischen Anwendungsfall des Recyclingmaterials Kenntnisse über die maßgeblichen chemischen Reaktionen bei der Elution erforderlich. Beispielsweise lassen die Ergebnisse von Brunner und Stämpfli (1993) vermuten, daß durch Ionenaustausch während der Elution die Konzentrationen von Ca, SO_4 und Hydroxid im Eluat abnehmen, während die Ka- und Na-Konzentrationen zunehmen. Eine mögliche Erklärung wäre der Austausch von Kalzium gegen Natrium und/oder Kalium, welche löslichere Sulfatsalze bilden.

Kritisch hohe pH-Werte ergeben sich wohl bei der Elution mit Wasser, wurden aber in Lysimeterversuchen bisher nicht bestätigt.

Organische Materialien im Bauschutt können den pH-Wert im Sickerwasser durch biochemischen Abbau dieser Stoffe absenken. Gleichzeitig werden allerdings Ca-Salze von Stoffwechselprodukten gebildet (Ca-Acetat, -propionat, -butyrat). Derartige organische Beimengungen sind nahezu unvermeidlich, sie können allerdings durch entsprechende, baustellenseitige Vorsortierung minimiert werden.

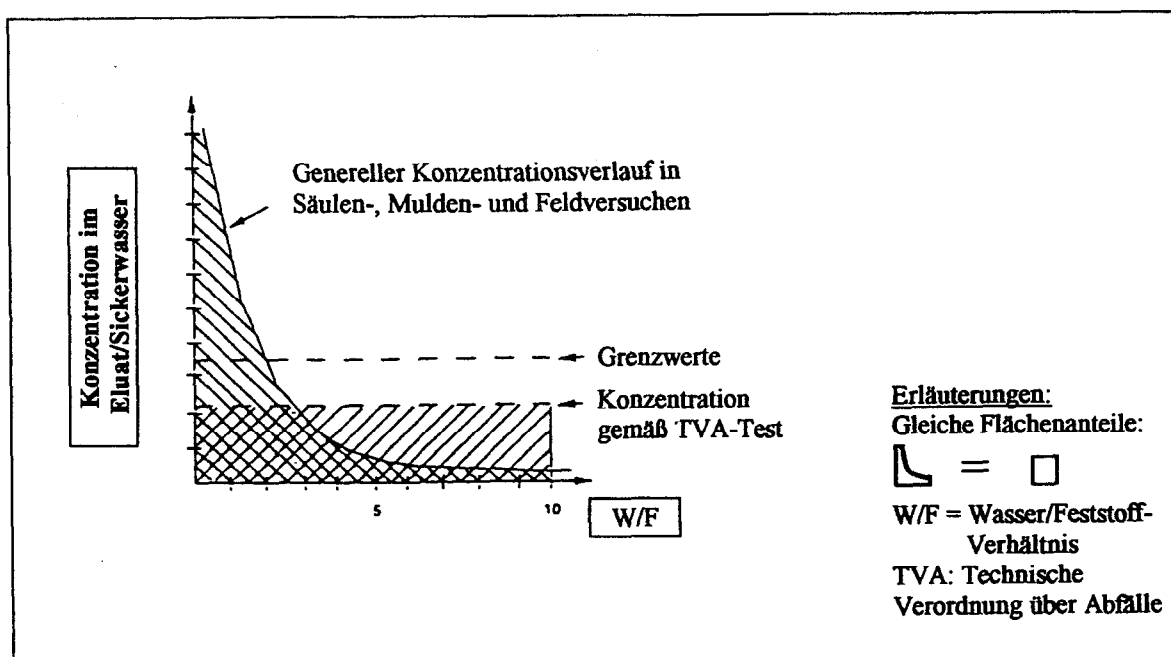


Abbildung 4-4:
Genereller Konzentrationsverlauf von Stoffen in Bauschutteluaten
(Kreidler, 1993)

4.4 Deponieverhalten

Zur Beurteilung des Emissionsverhaltens von Bauschutt bzw. Baustoffen schlagen Mostbauer und Lechner (Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, 1991) das Elutionsverhalten nach DIN 38.414 Teil S4 der Materialien als Grundlage vor. Sie weisen darauf hin, daß aufgrund der Säureneutralisierungskapazität vieler Baustoffe (z.B. Beton, Kalk, Zementmörtel, nicht aber Gips) die Ergebnisse einer Elution unter Zufuhr von CO₂ nicht überbewertet werden sollen. Diese Überlegungen treffen nur dann zu, wenn Bauschutt vorsortiert wird und nur mit geringen Anteilen organischer Materialien zur Ablagerung kommt, so daß auch langfristig nur ein schwach alkalisches oder pH-neutrales Milieu in der Deponie zu erwarten ist. Die Gefahr einer massiven Mobilisierung von Schwermetallen ist jedoch nicht gegeben, wenn der Anteil abbaubarer Stoffe in abzulagerndem Bauschutt entsprechend begrenzt wird. Dies wurde auch durch die in Tabelle 4-3 für den Lysimeterversuch gemessenen Werte bestätigt.

Bei der Beurteilung der Deponiefähigkeit von (vorsortiertem) mineralischem Bauschutt kann angenommen werden, daß die Reaktivität (im Sinne eines erweiterten Reaktivitätsbegriffes, der diejenigen chemischen und biochemischen Prozesse umfaßt, die aufgrund der Abfallzusammensetzung oder spezieller Abfallbestandteile sowie des Milieus in der Deponie auftreten können) gegenüber anderen Abfällen, wie z.B. Hausmüll gering ist.

Für unvermeidliche Beimengungen abbaubarer, organischer Stoffe ist zwar mit einem biochemischen Abbau zu rechnen, wie diese Abbaureaktionen verlaufen läßt sich allerdings nicht voraussagen. Die Grenze für den Anteil organischer Stoffe im Bauschutt sollte daher so gering angesetzt werden, daß eine Verwertung als ungebundener Baustoff als auch die Zuordnung von unbehandeltem Bauschutt zum Deponietyp "Bauschuttdeponie" möglich werden und eine "Versäuerung" in der Deponie ausgeschlossen werden kann. Dies kann nur durch eine strenge, bereits an der Baustelle erfolgende Trennung mineralischen Bauschutts von Baustellenabfällen erfolgen.

Hinsichtlich möglicher Grundwasserbeeinträchtigungen sei auf die "Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt" verwiesen (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1991). Auch bei der Ablagerung von nicht mit organischen Materialien verunreinigtem Bauschutt kann eine Beeinflussung des Grundwassers, insbesondere eine Veränderung der Härte nicht ausgeschlossen werden.

5. ABFALLMASSEN

Masse für den Bundesabfallwirtschaftsplan:

Anfallender Bauschutt: 2,5 Millionen Tonnen pro Jahr

Über das Aufkommen von Baurestmassen liegt derzeit keine bundesweite Erhebung vor. Die geschätzten Mengen liegen bei 2 bis 3 Millionen Tonnen pro Jahr. Eine Absicherung dieser Angaben ist erforderlich (siehe Punkt 9).

Regionale Daten wurden bisher in Wien, Niederösterreich und Oberösterreich erhoben. Sie bestätigen die Größenordnung von ca. 2,5 Millionen Tonnen pro Jahr für gesamt Österreich.

Tabelle 5-1:
Bauschutttaufkommen
(verschiedene Literaturangaben)

Gebiet	Bezugs- jahr	Jährliche Menge	Einwohnerbezogene Menge	Berechnete Menge Österreich e)
		t/a	t/E.a	Millionen t/a
Wien a)	1988	660.000	0,5	3,9
Oberösterreich b)	1992	300.000	0,24	1,9
Gänserndorf/NÖ c)	1992	31.000	0,25-0,40	2,0 - 3,1
Österreich d)	1991	3.000.000	0,39	3,0

a) GUA, 1989.

b) OÖ Landesregierung, 1992.

c) Ringhofer, 1992.

d) Bansch, M.; Plattner, K. 1991.

e) 7,8 Millionen Einwohner angenommen.

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN

6.1 Österreich

ÖNorm S 2100: Schlüsselnummer 31409: Deponierung nach Konditionierung

Deponie-VO-Entwurf: Baurestmassendeponie (Grenzwerte sind einzuhalten)

Trenn-VO: Mechanische Trennung verschiedener mineralischer Fraktionen bei Überschreiten von Mengenschwellen

6.2 Deutschland

TA Siedlungabfall (1993): Bauschuttaufbereitungsanlage

6.3 Schweiz

TVA (1990): Inertstoffdeponie

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG

7.1 Überblick

Hinsichtlich der Behandlungstechnologie setzen sich Bauschuttaufbereitungsanlagen prinzipiell aus den folgenden Einzelkomponenten zusammen (vergleiche Abbildung 7-1):

- Aufgabebunker mit Vorabsiebung und Beschickungseinheit
- Zerkleinerungsaggregat (Brecher)
- Siebanlage zur Klassierung des gebrochenen Materials
- (Überband-)Magnet zur Abtrennung von Eisen und Stahlteilen
- Sichtungseinheit - Entfernung unerwünschter Bestandteile
- Transporteinrichtungen für Beschickung der Anlage und der Einzelkomponenten und zum Abtransport des aufbereiteten Materials auf Halde

Die Aufbereitung von Bauschutt (Mischung verschiedener mineralischer Materialien) und Betonabbruch unterscheiden sich nur geringfügig.

Im Zuge der Aufbereitung fallen Rückstände an, die i.a. nicht oder nur sehr eingeschränkt als Recycling-Baustoffe verwendet werden können. Dies sind beispielsweise Feinteile aus der Vorabsiebung und unerwünschte Bestandteile aus der Sichtung. Schlämme aus der Entstaubung werden i.a. in Container gesammelt. Leichtstoffe (i.a. Kunststoffe, Holzteile, Pappe etc; Materialien mit hohem Gehalten an organischem Kohlenstoff) können in den meisten Fällen ebenfalls nicht als Baustoff wiederverwertet werden, eine thermische Entsorgung wäre denkbar.

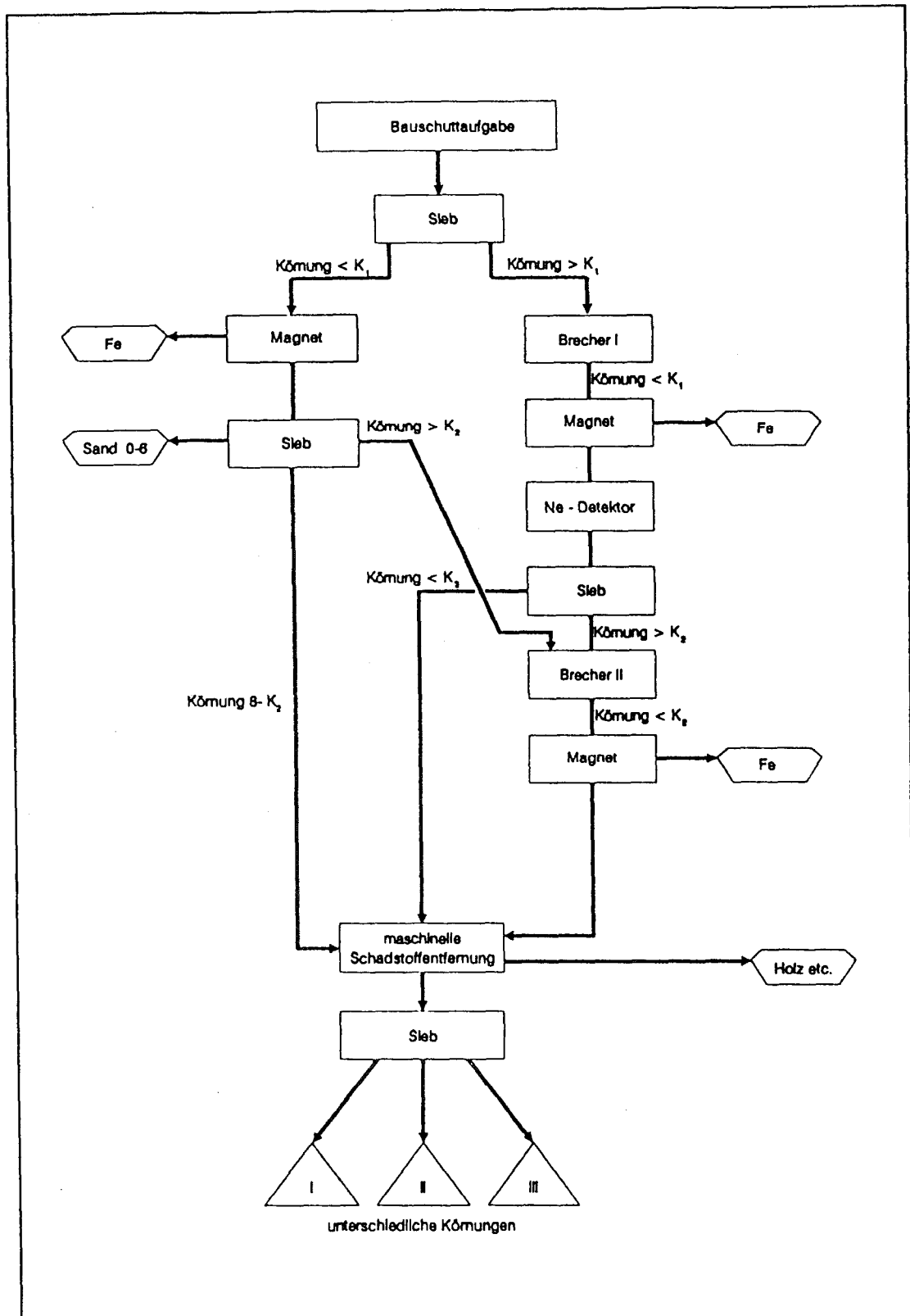


Abbildung 7-1:
 Prinzipieller Aufbau einer komplexen Bauschuttaufbereitungsanlage
 (Offermann, 1989)

7.2 Qualität der aufbereiteten Materialien

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

Während die Vorsortierung aufgrund der Korngröße und der (visuell feststellbaren) Zugehörigkeit zu Stoffgruppen erfolgt, wird in der dem Brecher nachgeschalteten Sichtungseinheit aufgrund unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften der Materialien getrennt. Als Verfahren stehen derzeit die Naßsichtung mittels Aquamator oder Schnecken - Aufstrom-Sortierern sowie die Trockensichtung im Luftstrom zur Verfügung.

Mit der Trockensichtung können Leichtstoffe und Feinbestandteile abgetrennt werden, mit den Naßsichtungsverfahren wird das Aufgabematerial zusätzlich gewaschen, d.h. an den Partikeln haftende, wasserlösliche Verunreinigungen werden ebenfalls entfernt. Für Naßsichtungsverfahren wird die maximale Verunreinigung mit 0,5 M-% und der Wassergehalt des Materials mit ca. 10 M-% angegeben (Bilitewsky et al., 1990). Garbotz (1950) berichtet allerdings, daß es auch mit der Naßsichtung unmöglich war, den Gipsanteil in der Feinfraktion 0 - 3 mm unter 3 G-% zu bringen.

Brunner und Stämpfli (1993) haben mit ihren Untersuchungen gezeigt, daß Aufbereitungsanlagen nur bedingt geeignet sind, Baurestmassen in Fraktionen nach chemischen Kriterien zu trennen. Zwar konnten im Zuge der Untersuchungen An- oder Abreicherungen von Elementen in bestimmten Fraktionen festgestellt werden, es zeigte sich aber, daß für ein hochwertiges, d.h. vielseitig verwendbares Endprodukt (= Recycling-Baustoff) die getrennte Erfassung mineralischer Baurestmassen bzw. des Bauschuttes unerlässlich ist und durch einen alleinigen Sortierprozeß in einer Anlage nicht ersetzt werden kann.

Erismann (1993) berichtet von Mischabbruchgranulat aus aufbereitetem Mischabbruch. Er definiert Mischabbruch als ein "...Konglomerat mineralischer Fraktionen von Beton, Ziegeln, Back-, Kalksand- und Natursteinmauerwerk durch den organisierten selektiven Rückbau von Bauteilen". Zielsetzung für dieses Material ist es, die Verunreinigungen kleiner als 1 Volumenprozent zu halten. Insbesondere der Gipsanteil darf dabei nur einen Bruchteil dieser Verunreinigungen betragen.

Tabelle 7-1:
Aussortierte Stoffe in den Fraktionen 0 - 32 mm
(Erismann, 1993)

Bestandteil	Anteil G - %
Beton	58,2
Kies und Steine	21,4
Mischabbruch	17,1
Ausbauasphalt	3,3
Fremdstoffe	a) <0,1
gesamt	100,0
a) angenommen aufgrund der angegebenen Werte	

7.3 Güteklassen in Österreich

Der Österreichische Güteschutzverband Recycling-Baustoffe innerhalb des Österreichischen Baustoff Recycling Verbandes (ÖBRV) klassifiziert die Recycling-Baustoffe nach deren Anwendungsbereichen in seiner "Richtlinie für Recycling-Baustoffe" nach drei Güteklassen (siehe auch Punkt 2):

Güteklasse I

Baustoffe für obere und untere Tragschichten im Straßenbau sowie zur Erzeugung von zement- oder bituminös gebundenen Baustoffen (Schichten). Diese Stoffe entsprechen hinsichtlich ihrer bautechnischen Anforderung der RVS 8.511.

Güteklasse IIa

Baustoffe für obere und untere Tragschichten im Straßenbau und zementstabilisierte Tragschichten.

Güteklasse IIb und III

Baustoffe für zementstabilisierte Tragschichten, Lärmschutzwälle, Auffüllungen, Künettenverfüllungen, Untergrundverbesserungen.

In Gütebestimmungen sind die Anforderungen an die Recycling-Baustoffe anhand der folgenden Parametern definiert:

- Korngrößenverteilung
- Fremdanteile
- Frostsicherheit
- Anteil < 0,063 mm
- Bituminöse Anteile
- Festigkeit (Kornzertrümmerung)
- Eluatklasse (entsprechend ÖNorm S 2072)
- Mischverhältnis
- modifizierte Proctordichte

Zum Nachweis der festgelegten Anforderungen und Eigenschaften verpflichten sich die Mitglieder des Güteschutzverbandes ihre Recycling-Baustoffe in regelmäßigen Abständen einer Prüfung zu unterziehen (Eigenüberwachung und Fremdüberwachung). Auf Antrag wird vom Güteschutzverband das "Gütezeichen Recycling-Baustoff" verliehen. Wesentlich dabei ist, daß sowohl die Güte- als auch die Prüfungsbestimmungen laufend ergänzt und weiterentwickelt werden.

Weitere Gütebestimmungen sind den bautechnischen ÖNormen sowie anderen technischen Regelungen, beispielsweise den RVS Blättern zu entnehmen. In diesen Regelwerken werden allgemeingültige, materialtechnische Anforderungen an die Baustoffe festgelegt, unabhängig von deren Herkunft.

7.4 Baustellenverfahren zur Trennung von Baurestmassen

7.4.1 Rückbau und getrennte Sammlung der Baurestmassen

Die anfallenden Baurestmassen werden entsprechend ihres stofflichen Charakters auf der Baustelle getrennt ausgebaut, gesammelt und gelagert. Der Ausbau der Materialien erfolgt im Hinblick auf eine möglichst optimale Wiederverwertung der Baurestmassen. Im Gegensatz zum bisher üblichen Abbruch eines Bauwerkes wird hier von "Rückbau" eines Bauwerkes gesprochen.

Die mit 1.1.1993 in Kraft getretene "Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien" (TrennVO, BGBl. Nr. 259/1991) schreibt in Abhängigkeit von bestimmten Mengenschwellen eine Trennung in die u.a. Stoffgruppen vor. Diese Trennung kann baustellenseitig oder in entsprechenden Anlagen durchgeführt werden.

Tabelle 7-2:
Stoffgruppen und Mengenschwellen gemäß TrennVO

Stoffgruppe	Mengenschwelle in Tonnen
Bodenaushub	20
Betonabbruch	20
Asphaltaufbruch	5
Holzabfälle	5
Metallabfälle	2
Kunststoffabfälle	2
Baustellenabfälle	10
Mineralischer Bauschutt	40
Gefährliche Abfälle	jedenfalls
Aufgrund der VerpackVO:	
Verpackungsabfälle	durch Sammelsystem oder Verwertungsnachweis

Die getrennt erfaßten Materialien werden vor Ort wiederverwendet oder zu Zwischenlagern transportiert und von dort wieder in den Bauprozess integriert.

Beispiele für Rückbauprojekte liegen aus der Schweiz (Knecht, 1993) und Dänemark (Lauritzen, 1993) vor. Gemeinsamer Tenor dieser Erfahrung ist, daß zwar für den Rückbau ein Vielfaches an Zeit im Vergleich zu einem Abbruch im herkömmlichen Sinne erforderlich ist, aufgrund der derzeitigen Deponiekosten aber der selektive Abbau insgesamt dennoch billiger kommt.

Knecht (1993) gibt für ein innerstädtisches Objekt mit einem umbauten Raum von 3.450 m³ einen Vergleich der Abbruch- und Entsorgungskosten an (Tabelle 7-3). Er weist darauf hin, daß 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 (BMUJF, 1994) zeigt einen leichten ökonomischen Vorteil des Rückbaus gegenüber dem Abbruch.

Tabelle 7-3:

Selektiver Abbau versus Totalabbruch - Kostenvergleich
(Knecht (1993) und BMUJF (1994))

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/mUR
BMUJF, 1994		a)			
Selektiver Abbau	32,21	22,24	28,51	82,96	öS/mUR
Totalabbruch	3,46	17,3	63,09	83,83	öS/mUR

UR = umbauter Raum

a) inklusive Transportkosten

Ein ähnliches Ergebnis liefert der von der Bundesinnung Bau durchgeführte betriebswirtschaftliche Vergleich der Entsorgungskosten zwischen selektivem Rückbau und Totalabbruch für ein 4-geschoßiges Wohngebäude mit 6.000 m³ Bruttorauminhalt in Österreich (Keßler, 1993). Für den Vergleich der Entsorgungskosten der beiden Methoden wurden die in Österreich durchschnittlich veranschlagten Gebühren für die Ablagerung herangezogen. Bedingt durch Einsparungen bei der Ablagerung von Baurestmassen steht je Kubikmeter Bruttorauminhalt für die Trennung und den getrennten Transport der Baurestmassen ein Betrag von öS 794,-/m³ zu Verfügung.

Tabelle 7-4:

Selektiver Abbau versus Totalabbruch - Entsorgungskosten
(nach Keßler, 1993)

	Menge in Tonnen	Entsorgungskosten öS/Tonne	Entsorgungskosten gesamt öS
Selektiver Rückbau			
Verwertbare mineralische BRM, Recyclinganlage	1.617	40,-	64.680,-
Mineralische BRM für Inertstoffdeponie	1.814	200,-	362.800,-
Holz	44	500,-	22.000,-
Baustellenabfälle Reaktordeponie	54	1.500,-	81.000,-
Summe Rückbau	3.529		530.480,-
Totalabbruch			
Baustellenabfälle	3.529	1.500,-	5.293.500,-
Summe Abbruch	3.529		5.293.500,-
Differenz für Trennung zur Verfügung stehend			4.763.020,-

7.4.2 Demontage

Vor allem die Anwendung der Fertigteilbauweise, insbesondere der Stahlbetonmontagebau ermöglicht den Ausbau ganzer Bauteile wie Träger, Säulen, Wand- und Deckenelementen, die gegebenenfalls direkt wiederverwendet werden können. Erfahrungen aus der BRD liegen bereits vor (Mettke, 1992). Die Demontage bietet sich vor allem für Industrieobjekte an. Daß die Demontage auch in der österreichischen Baupraxis Anwendung findet zeigt ein Beispiel aus Wien. An einer Beton-Fertigteilhalle eines Industrieobjektes im 3. Wiener Gemeindebezirk wurde beispielsweise Teile der Wände und der Decke zum Zwecke der Erweiterung rückgebaut.

Nachbesserungen an den ausgebauten Teilen sind ebenso erforderlich wie ausreichende Zwischenlagerflächen. Als Beispiel dazu sei das BauElementeLager (1991) in Berlin angeführt, ein Recyclingprojekt für Bauelemente, Baumaterialien und Bauteile. Auf dem Betriebsgelände werden Bauteile, Bauelemente und aufbereitete Baurestmassen gelagert und vermarktet.

Ein ähnliches Projekt existiert in Dänemark (Lahner, 1993), wo auf einem Betriebsgelände der Stadt Kopenhagen Bauschutt und Bauelemente behandelt und zwischengelagert werden.

7.4.3 Recycling vor Ort

Vielfach sind bestehende Gebäude zur Schaffung von Baufreiheiten für neu zu errichtende Objekte zu beseitigen. Der Bestand kann dann als Rohstoffquelle für den Neubau angesehen werden.

Werden die bestehenden Gebäude sorgfältig abgebaut und die anfallenden Materialien nach Stoffgruppen getrennt erfaßt, vor Ort aufbereitet (d.h. direkt auf dem Baugrund oder unmittelbar daneben) und für den Bau des neuen Objektes verwendet, so können sowohl Transportwege vermindert, als auch Zwischenlagerflächen und Deponievolumen eingespart werden.

Für die mechanische Aufbereitung vor Ort stehen mobile Aufbereitungsanlagen zur Verfügung. Für einen wirtschaftlich vertretbaren Einsatz derartiger Anlagen müssen mindestens 10.000 t/Einsatzort gegeben sein (Rheinland-Pfalz, 1988), da bereits der Auf- und Abbau der Anlagen mit jeweils mind. 1 Tag veranschlagt werden muß.

7.5 Zwischenlagerung

Für die Zwischenlagerung von Bauschutt im Bereich von Aufbereitungsanlagen sind Lagerflächen in ausreichendem Maß erforderlich. Es muß sowohl angelieferter Bauschutt in Vorratslagern vorgehalten werden, als auch bereits aufbereiteter Bauschutt (Fraktionen) in Zwischenlagern für die Vermarktung bereitgestellt werden.

Hinsichtlich der Ausgestaltung der Lagerflächen existieren keine bundeseinheitlichen Regelungen. Für Asphaltaufbereitungsanlagen wurden vom Arbeitskreis für Asphaltrecycling im Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten (1991) Anforderungen an die Lagerflächen in einem Merkblatt herausgegeben.

7.6 Stand der Vermeidung und Verwertung von Bauschutt in Österreich

Vom Österreichischen Baustoff Recycling Verband (ÖBRV) werden mit Stand September 1993 49 ordentliche und 6 außerordentliche Mitgliedsbetriebe angegeben. In den Bundesländern existieren insgesamt 65 Anlagenstandorte, an 23 davon wird Bauschutt aufbereitet. Aufgrund der Dislokation der Anlagen im Bundesgebiet sind unterschiedlichste Auslastungen die Folge, die Bandbreite liegt zwischen 40 und 90 % (Car, 1993). Mit den bestehenden Anlagen können ca. 4,5 Millionen Tonnen/Jahr an Baurestmassen aufbereitet werden. Eine 1994 durchgeführte Befragung der Mitgliedsbetriebe des ÖBRV zeigt, daß derzeit etwa 2 Millionen Tonnen/Jahr in Aufbereitungsanlagen behandelt werden.

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN

8.1 Vermeidung

"Bauschutt" ist ein Produkt des Prozesses Bautätigkeit und fällt im Zuge der Errichtung von Neubauten oder bei Abbrüchen an. Gänzliche Vermeidung dieses Produktes ist gleichbedeutend mit nicht vorhandener Bautätigkeit oder der totalen Substitution der mineralischen Baustoffe im Bauwesen. Beide Varianten sind unrealistisch. Die Vermeidung kann daher nur in Form einer Mengenreduzierung des Bauschuttes bestehen. Dazu stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung.

Eine dieser Möglichkeiten besteht darin, die Nutzungsdauer von Bauwerken und Bauteilen besser auszuschöpfen. Geänderte Nutzungsanforderungen an ein Bauwerk müssen nicht automatisch den Abbruch des Gebäudes bedeuten, vielmehr sollte die Ertüchtigung des bestehenden Bauwerkes auch als eine Möglichkeit gesehen werden. Beispielsweise können mobile Raumteilsysteme unterschiedlichen Nutzungsanforderungen leichter angepaßt werden, als starre Wandkonstruktionen.

Vor allem beim Vorliegen von Fertigteilbauweisen, die im Industriebau durchaus die an sie gestellten Forderungen erfüllen konnten, ist statt eines Totalabbruches die Möglichkeit der Demontage zu berücksichtigen. Im allgemeinen ist der Ausgangsgebrauchswert der einzelnen Elemente (Träger, Säulen, Decken- und Wandelemente) nach der Demontage sehr hoch. Eine Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen bei der Demontage und bei einem Abbruch mit anschließendem Recycling für die gleiche Zielsetzung (Zielgebrauchswert) zeigt, daß in vielen Fällen die Demontage die energetisch, ökologisch und wirtschaftlich sinnvollere Variante darstellt. Mettke (1992) berichtet darüber anhand einiger Beispiele aus dem Industriebau. Verfahrensbedingte Überbeanspruchungen an den Bauelementen können örtlich auftreten und müssen bei der konstruktiven Bemessung berücksichtigt werden. Wird die Möglichkeit der Demontage bereits bei der Planung der Bauwerke berücksichtigt (maßgeblich bei der Wahl der Verbindungsmittel) so wird dieser Methode zukünftig, vor allem regional größere Bedeutung zukommen.

Auch die bisher mit dem Rückbau von Gebäuden, die nicht in Fertigteilbauweise hergestellt wurden, gemachten Erfahrungen zeigen, daß damit einzelne Bauteile direkt wiederverwendet werden können, daher nicht als Bauschutt anfallen und aufbereitet werden müssen. Positive Erfahrungen aus Dänemark und Deutschland liegen bereits vor (Lauritzen, 1993; Nicolai, 1993; Lahner, 1993a). Zu einer qualitativen Verbesserung des Bauschuttes

kommt es durch den getrennten Ausbau kontaminierter und stofflich verschiedener Bereiche eines Bauwerkes. Falls möglich sollten größere, baustoffhomogene Bereiche der Bauschuttaufbereitung getrennt zugeführt werden, damit eine definierte Qualität des Recyclinggranulates erzielt wird.

Die von der Salzburger Landesregierung (1993) herausgegebenen "Bauökologischen Kriterien für den Hochbau" fordern beispielsweise "klare Trennung von Primär- und Sekundärkonstruktion bzw. Ausbauelementen zugunsten einer größeren Anpassungsfähigkeit, Instandsetzungs- und Sanierungsfähigkeit in späteren Nutzungsperioden" und die "Einfachheit der Konstruktion, Reduzierung von Materialvielfalt, Vermeidung komplizierter Schichtenaufbauten".

Bei der Durchführung von Demontage- und Rückbauarbeiten ist auf ein eventuell erhöhtes Arbeitsplatzrisiko Bedacht zu nehmen (Neale, 1993). Dem kann durch eine entsprechende Planung des Rückbaues begegnet werden. Rückbaupläne sind bereits im Zuge der Bauplanung zu erstellen (Lahner und Lechner, 1993; Bergmeister, 1994). Eine weitere Folge des forcierten Rückbaus ist die Entwicklung adaptierter Abbruch/Abbaumethoden, wie beispielsweise miniblasting, Flüssigkeitschneiden, thermische Trennverfahren u. a.

Es soll jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, daß Demontage- und Rückbaumaßnahmen längere Verweilzeiten auf den Baustellen bedingen, als der Totalabbruch - Knecht (1993) beispielsweise berichtet von der 5-fachen Dauer beim Rückbau - und daher auch die Akzeptanz bei Anrainern, vor allem bei langer Rück- und Neubauzeit nicht immer gegeben sein wird. Abhilfe können hier die Anwendung lärmarmer Maschinen, lärm- und emissionsmindernde Maßnahmen oder andere Ausgleichsmaßnahmen bringen. Nur so werden Betroffene von der ökologischen Sinnhaftigkeit der Maßnahmen zu überzeugen sein.

8.2 Verwertung und Behandlung

Einsatz von aufbereitetem Bauschutt als Betonzuschlagstoff

Siehe dazu auch die Studie zur Schlüsselnummer 31427 "Betonabbruch".

Für den Einsatz von Recyclinggranulaten aus Bauschutt wird für die Grobfractionen ($\emptyset > 4\text{mm}$) ein Einsatz als Zuschlagstoff auch für Konstruktionsbeton im Hochbau langfristig angestrebt. Dazu sind allerdings einige Änderungen im Bereich der Normungen erforderlich, damit die spezifischen Eigenschaften des Recyclingmaterials für die zur Festlegung der Betonqualität und bei der Bemessung von Bauteilen berücksichtigt werden können. Der mit Recycling-Zuschlagstoff hergestellte Beton weist beispielsweise größere Streuungen bei den Festigkeitswerten auf, dies führt bei Druckfestigkeit und Zugkapazität u. a. in den Eurocode Normen zu geänderten Berechnungsvorschriften dieser Kenngrößen. In Europa hat man bereits und ist weiterhin bestrebt einheitliche Richtlinien und Regelungen für die Qualität von Recycling-Zuschlagstoffen, aber auch neue Bemessungsgrundlagen (Statik) für Beton aus diesen Zuschlägen zu erarbeiten. Die Praxis zeigte, daß Vorversuche für die Herstellung des Recyclingbetons unerlässlich sind (Hansen, 1992).

Die Herstellung von Mauerwerkssteinen aus Recyclinggranulat und natürlichen Zuschlägen hat sich sowohl aus technischer Sicht als auch betriebswirtschaftlich bewährt (Ableitinger, 1993). Die regionale Markt- und Deponiesituation muß dabei berücksichtigt werden. Für

die Herstellung wurden Fraktionen des Recyclinggranulates mit Durchmessern > 4 mm verwendet.

Für den Feinanteil wird der Einsatz so hochwertig wie möglich angestrebt. Als Zuschlagstoff für Beton eignet sich dieses Material nur dann, wenn es aus der Aufbereitung von ausgesuchtem Bauschutt stammt. Die erreichbaren Betonqualitäten sind eingeschränkt, die Anwendung bleibt zunächst auf untergeordnete Zwecke beschränkt.

Stoffanreicherungen im Recycling-Baustoff durch Mehrfachrecycling sind zu beachten. Möglicherweise ist der Chloridgehalt von Recyclinggranulaten langfristig gesehen ein limitierender Faktor. Die getrennte Aufbereitung von Bauschutt mit kritischen Inhaltsstoffen beeinflusst die Qualität des Recyclinggranulates wesentlich. Wird beispielsweise gipshaltiges Material getrennt erfaßt, so bedeutet dies sicherlich eine Verbesserung der Möglichkeiten für die Wiederverwertung des restlichen Bauschuttes. Dazu zählt es auch den Einsatz von "Bauchemikalien" zu überdenken. Die Möglichkeiten des konstruktiven Bauwerksschutzes (z.B. Konstruktive Maßnahmen gegen Feuchtigkeit, Brand, Frost, Stoffeinwirkungen) durch entsprechende Bauteilgestaltung scheinen hier noch nicht ausgeschöpft. Der Einsatz von Verbundbaustoffen, die gar nicht oder nur mit großem energetischen und zeitlichen Aufwand getrennt werden können, wird bereits in der Bauindustrie überdacht. Beispielsweise können statt innenliegender Vorspannkabel in zementinjizierten Hüllrohren, externe Spannkabelführungen ausgeführt werden, die noch dazu leichter kontrollierbar sind.

Zu berücksichtigen ist auch, daß durch die Nutzung eines Bauwerkes "Schadstoffe" in den Bauschutt eingetragen werden können. Dem kann nur durch vorbeugende Maßnahmen begegnet werden, z.B. Mehrschichtaufbau von Behältern, Einbau von Verschleißschichten, Oberflächengestaltung, Leckagekontrollen usw.

Die Anwendung der Baustoffe und Bauteile wird im Hinblick auf die erforderlichen Qualitäten insofern überdacht, sodaß nur jene Qualitätsmerkmale gefordert werden, die in Abhängigkeit des Materialeinsatzes auch tatsächlich benötigt werden.

Einsatz von aufbereitetem Bauschutt in ungebundener Form

Die Anwendung von aufbereitetem Bauschutt scheitert derzeit vielfach an der ungeklärten rechtlichen Situation. Viele bauausführende Unternehmen sind verunsichert, ob und unter welchen Bedingungen Recyclingmaterial als Hinterfüllung, Ausgleichsmaterial etc. verwendet werden kann und darf. Einige Beispiele aus den Bundesländern (z.B. Niederösterreich, Salzburg, Wien) haben gezeigt, daß durch Pilotprojekte und Vorbildwirkungen seitens öffentlicher Auftraggeber die Vorbehalte bei der Anwendung von Recycling-Baustoffen ausgeräumt werden können.

Entwicklungen bei den Aufbereitungsanlagen

Für die Anlagenbetreiber stellt sich die Lagerung des angelieferten Bauschuttes zum Erreichen einer kontinuierlichen Qualität insofern als Problem dar, als das Platzangebot für Anlagen im urbanen Bereich sehr gering ist. Die Anforderungen an die technische Ausstattung der Anlagen werden von den Betreibern derzeit in Form von Pilotprojekten erarbeitet (Gretzmacher, 1993). Auch durch die Einbindung von Primärproduzenten von Baustoffen in den Recyclingprozeß kommt es zu einer wesentlichen Entschärfung der Konkurrenzsituation zwischen Primärbaustoff und Recyclingbaustoff.

Baustellenseitige Trennung von Baurestmassen

Vermeehrt zeigt sich auch in der Bauwirtschaft der Trend zur Vorsortierung bereits auf der Baustelle, um so zu einer besseren Qualität des Recycling-Baustoffes zu kommen. Insbesondere Baustellenabfälle werden zunehmend getrennt von mineralischem Bauschutt auf der Baustelle gesammelt. Diese Tendenz wird durch steigende Deponiepreise noch verstärkt (Knecht, 1993; Ableitinger, 1993).

8.3 Ablagerung

Für die Ablagerung von Bauschutt werden durch den Entwurf der Deponieverordnung (1993) eindeutige Rahmenbedingungen vorgegeben. Auf Bauschuttdeponien darf zukünftig nur mineralischer Bauschutt mit geringfügigen organischen Bestandteilen abgelagert werden. Das erfordert eine entsprechende Aufbereitung des Bauschuttes (Sortierung auf der Baustelle oder in Anlagen). Es bedeutet aber auch, daß die Baurestmassendeponien als zukünftige Lagerstätten betrachtet werden können, wenn gleichartiger Bauschutt abgelagert wird (Prinzip Monodeponie). Eine spätere Rückholung der Baurestmassen wird dadurch wesentlich erleichtert.

Überlegungen zur Abgrenzung von Bauschuttdeponien zu Geländeauffüllungen oder anderen, massenintensiven baulichen Maßnahmen werden seitens einzelner Landesregierungen, beispielsweise in Salzburg (Griesinger, 1994) forciert. Dort versucht man, in Abhängigkeit der Qualität des Recyclinggranulates, dieses als Baustoff für Lärmschutzwände und Künettenverfüllungen im Landesstraßenbau zu nutzen.

9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES

9.1 Legistische Maßnahmen

9.1.1 Vollzug rechtlicher Regelungen

Der Vollzug bzw. die Wirksamkeit der Trennverordnung sollten als Grundlage für weitere abfallwirtschaftliche Maßnahmen kontrolliert werden.

Die Basis dazu liefert in Österreich die Abfallnachweisverordnung, die die Betriebe zur Führung von Aufzeichnungen über den Verbleib von Abfällen verpflichtet. Weiters kann das Datenmaterial aus dem Bereich "Altlasten" ausgewertet werden um zu abgesicherten Mengenangaben zu kommen.

Mit der zukünftigen Deponieverordnung wird eine Verpflichtung geschaffen vorsortierten Bauschutt auf "Monodeponien" abzulagern. Eine spätere Rückholung wird dadurch leichter möglich.

Als Beispiel sei die Stadt München angeführt, die in der Gewerbemüllbeseitigungssatzung die Verpflichtung zur Trennung und Verwertung von Baurestmassen vorschreibt. Für den Vollzug der Satzung wurden bei der Stadt München 6 Stellen für Baustellenkontrolloren geschaffen. Diese Vollzugsorgane nehmen nach dem Einlangen der Baubeginnanzeigen Kontakt mit den Bauleitern auf, informieren diese und kontrollieren den Vollzug der Satzung auf den Baustellen (Schmidt, 1991).

9.1.2 Altlastenbeitrag

Werden stofflich unterschiedliche Baurestmassen gemeinsam abgelagert, so hat sich die Einhebung des Altlastensanierungsbeitrages am qualitativ ungünstigsten Material zu orientieren, da im Falle einer Sanierung das gesamte Volumen ausschlaggebend wäre.

9.1.3 Güterbilanzen und Stoffbuchhaltungen

Die stoffliche Zusammensetzung der Bauwerke ist aufgrund der großen Lagermengen bedeutsam. Die bauliche Infrastruktur ist das größte Lager innerhalb der Anthroposphäre, enthaltene Stoffe werden darin über lange Zeiträume gespeichert. Güter- und Stoffbilanzen ermöglichen es frühzeitig auf Veränderungen im Bauschutt zu reagieren und entsprechende Aufbereitungsmethoden zu entwickeln.

Mit der Bauwirtschaft und den mit der Planung von Bauobjekten Befassten wäre zunächst auf freiwilliger Basis (vergleiche dazu die "Freiwillige Vereinbarung der Bauindustrie und des BMWA") Güterbilanzen und Stoffbuchhaltungen im Bauwesen einzuführen.

9.1.4 Regelungen für Schüttkörper aus Recyclingmaterial

Die Abgrenzung von Deponierung und Geländeverfüllung bzw. Schüttkörper ist erforderlich. Die Eluatklassen nach ÖNorm S 2072 gelten für die endgültige Ablagerung von Baurestmassen, für den Einsatz als Verfüllmaterial sind vielfach andere Randbedingungen gegeben. Entsprechende Regelungen sind erforderlich (auch im Hinblick auf die Ableitung von Richtwerten für die Wiederverwendung aufbereiteter Böden). In der BRD wurden diese Fragestellungen durch die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) in den "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln" (1.3.1994) behandelt. Diese Regeln sollen in der BRD innerhalb der nächsten 3 Jahre bundeseinheitliche eingeführt werden.

9.2 Organisatorische Maßnahmen

9.2.1 Vorbildwirkung des Bundes

Im eigenen Wirkungsbereich des Bundes bzw. der Gebietskörperschaften sind die konsequente Trennung sowie der Einsatz von Recyclingbaustoffen in allen Bereichen des Bauwesens anzustreben. Für Bundesgebäude wäre ein Bewirtschaftungskataster denkbar, der eine optimale Nutzung des "Rohstoffes" Bauschutt zum Ziel hat. Die Möglichkeiten von Demontage und Rückbau können nur in Form von Pilotprojekten aufgezeigt werden. Im Bereich des Straßenbaus haben Pilotprojekte wesentlich zur Akzeptanz des Recyclinggedankens beigetragen (Sommer, 1992).

9.2.2 Kapazitäten in der Entsorgung

Zur Verbesserung der Marktsituation für Recycling-Baustoffe sind sowohl die derzeitige Anlagenkapazitäten zu erheben, als auch das verfügbare Deponievolumen. Regionale Deponieverbote für Bauschutt können nur mit den Ländern erarbeitet werden. Die mit der Einhebung des Altlastenbeitrages verbundenen Daten sollten auf Länderebene aufbereitet werden. Daten aus der AbfallnachweisVO müssen für abfallwirtschaftliche Planungen zugänglich gemacht werden.

Güter- und Stoffbilanzen müssen standardisiert werden um eine Verknüpfung mit anderen Bereichen herzustellen. Die statistische Aufbereitung sollte zentral koordiniert werden (z.B. ÖSTAT).

9.2.3 Kooperation

Kooperative, freiwillige Instrumente, wie freiwillige Vereinbarungen, Kennzeichnungen, Altstoffbörsen, Innovationspreise können der Vorläufer für rechtliche Regelungen sein. Sie sind für die Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen allerdings nur bedingt geeignet.

Innerhalb des gesamten Bauwesens sind Branchenkonzepte für bestimmte Berufsgruppen (Installateure, Spengler, Maler und Anstreicher...) zielführend, die zu koordinieren sind.

9.2.4 Technische Standards für Aufbereitungsanlagen

Für Aufbereitungsanlagen sind zumindest bundeseinheitliche Mindestanforderungen notwendig, um die Wettbewerbsgleichheit wiederherzustellen. Die bautechnischen Anforderungen an derartige Anlagen sind sicherlich standortbedingt unterschiedlich, prinzipielle Ausstattungselemente sollten jedoch festgelegt werden. Dazu gehören beispielsweise Ausschlussgründe für Standorte, emissionstechnische Maßnahmen, Oberflächengestaltung, Kontrolleinrichtungen etc. (siehe dazu Lahner und Lechner, 1993).

9.3 Forschungs- und Entwicklungsbedarf

9.3.1 Datenlage

Die Datenlage ist für die Erstellung von abfallwirtschaftlichen Konzepten unbefriedigend und muß verbessert werden. Dies betrifft nicht nur Fragen hinsichtlich Aufkommen und Mengen von Bauschutt oder auch Daten über Lebenszyklen und Nutzungskreisläufe von Bauwerken, als auch Daten über die Rohstoffsituation.

Weiters wird es notwendig eine Vereinheitlichung der Daten anzustreben. Die auf verschiedenen Ebenen (Kommunen, Länder, Bund, private Organisationen etc.) erfaßten Daten müssen kompatibel sein. Auch das Österreichische Statistische Zentralamt muß in diesen Prozeß eingebunden werden. Die bisherige rein ökonomische Beschreibung der Güter in der Volkswirtschaft ist durch stoffliche Beschreibungen zu ergänzen.

9.3.2 Energie- und Stoffbilanzen

Für die Anwendung der Recycling-Baustoffe ist abzuklären wie weit natürliche und "jungfräuliche" Baustoffe zu ersetzen sind und wie weit dies sinnvoll ist.

Diese Fragen können nur auf der Basis von fachlich abgesicherten Energie- und Stoffbilanzen der Materialien und Verfahren als Grundlage für Entscheidungen beantwortet werden. Regionale Rahmenbedingungen sind dabei zu berücksichtigen, da sie die Ergebnisse wesentlich beeinflussen.

9.3.3 Materialkennwerte und Emissionen

Materialtechnische Daten über Recycling-Baustoffe und daraus gewonnene Produkte liegen noch nicht in ausreichendem Maß vor. Bei der Durchführung von Pilotprojekten gewonnene Ergebnisse sind vielfach nicht aufbereitet oder nicht öffentlich zugänglich.

Die Untersuchungen von Brunner und Stämpfli (1993) zeigen, daß sich das Auslaugverhalten der mineralischen Recyclingbaustoffe von jenem der junfräulichen mineralischen Baustoffe unterscheidet. Beim Einsatz als Baustoff sind Veränderungen im Eluat (mehr Sulfate, weniger Hydroxide), die große Mobilität der bedeutendsten Anionen und Kationen sowie ein anderer DOC zu berücksichtigen, wenn der Ionenaustausch des Baustoffes mit seiner umgebenden Matrix abzuschätzen ist. Vor allem hinsichtlich der langfristigen Reaktionen von Recyclingbaustoffen mit Wasser und einer Zementmatrix besteht Forschungsbedarf.

Für die Ablagerung von Bauschutt sind v.a. Art und Konzentrationen der in Sickerwässern zu erwartenden organischen Stoffe derzeit nicht hinlänglich bekannt.

9.3.4 Demontage und Rückbau

Im Bereich Demontage und Rückbau bestehen große Wissenslücken sowohl betreffend technische als auch ökonomische Belange. Demontage, statt Abbruch bedingt hierarchisch aufgebaute Produktstrukturen, standardisierte Schnittstellen, gut zugängliche und lösbare Materialverbindungen, Vermeidung von Verbundstoffen etc. Der Ansatz dazu muß bereits bei der Planung geschehen.

9.3.5 Design for Recycling

Der Chemismus der Recyclingbaustoffe ist zu untersuchen. Im Hinblick auf Mehrfachrecycling von mineralischen Baumaterialien sind insbesondere Bauchemikalien, Hilfsstoffe und Additive chemisch zu charakterisieren. Unerwünschte Stoffanreicherungen in den Recyclingbaustoffen durch Mehrfachrecycling sollen abschätzbar und vermieden werden. Diese Stoffe dürfen nur derart eingesetzt werden, daß sie nicht zu limitierenden Faktoren für das Recycling und den Wiedereinsatz oder die Entsorgung von Baustoffen werden.

9.4 Gesellschaftspolitische Maßnahmen

9.4.1 Information und Ausbildung

Alle am Bauprozess Beteiligten müssen über die Möglichkeiten des Recyclings informiert sein. Dies umfaßt sowohl den Baustoffproduzenten, den Bauwerber, die Planer, die Bauausführenden als auch die Behörden und die Benutzer der Bauwerke.

Die Akzeptanz für Aufbereitungsanlagen in der Bevölkerung sollte durch Information und Ausgleichsmaßnahmen gefördert werden.

10. LITERATUR

- Ableitinger, R.: Recycling von Bauschutt - ein neuer Mauerwerkstein. In: Handbuch der Umwelttechnik '94. Mayer, W. (Hrsg.). Trend Commerz. Wien 1993.
- Akhtaruzzaman, A.; Hasnat, A.: Properties of Concrete Using Crushed Bricks as Aggregate. Concrete International (1983), February. pp 58 - 63.
- Bansch, M.; Plattner, K.: Ansätze zur Bewirtschaftung von Baurestmassen. In: Handbuch der Umwelttechnik '91. UTEC 1991. Trend Comerz Verlag.
- Bergmeister, K.: Vortrag im Rahmen des Seminars Bauschuttreycling und konstruktive Gestaltung. Institut für konstruktiven Ingenieurbau. Universität für Bodenkultur. Wien. 1994.
- BauElementeLager (Hrsg.): Presseinformation zur Eröffnung des Recylingprojektes BEL der Gesellschaft für Stadtentwicklung. Berlin. 7.11.1991
- Bilitewsky et. al : Bauschutt- und Asphaltrecycling. Beihefte zu Müll und Abfall 30. Berlin. 1990
- BMUJF : Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Hrsg.): Maydl, P.; Österreichischer Baustoff Recycling Verband: Verwertungsmöglichkeiten für Hochbaurestmassen. Wien. 1994.
- Brunner, P.H.; Stämpfli, D.: Material Balance of a Construction Sorting Plant. In: Waste Management and Research (1993) Vol 11, pp 27 - 48.
- Building Contractor Society of Japan: Proposed standard for the use of recycled aggregate and recycled aggregate concrete. Committee on Disposal and Reuse of Construction Waste. In: Concrete Journal, Japan, 16, Nr. 7, St. 18 - 31. 1981 (in Englisch veröffentlicht).
- Car, M. zitiert in Keßler 1993.
- CUR/VB Onderzoekcommissie B 29 Hergebruik beton- en metselwerkpuin: Vorläufige Norm (Empfehlung): Mauerwerksschutt für Beton.
- CUR/VB Onderzoekcommissie B 29 Hergebruik beton- en metselwerkpuin: Interim Rapport: Granulaat van beton- en metselwerkpuin als toeslagmaterial voor beton. 1983 (mit Ergänzungen aus dem Jahr 1984).
- Deisl, M.: Recycling von Hochbaurestmassen. In: Zement & Beton. 1/1993. St. 15 - 19.
- Dohmann, M.; Tränkler, J.: Abwasser- und abfalltechnische Aspekte bei der Verwendung aufbereiteten Bauschutts. Forschungsbericht Fachbereich Bauwesen. Univ. GH Essen Nr. 36. 1986.

- Eberlein, H.: Erfahrungen mit der Stuttgarter Naßaufbereitungsanlage. Mitteilungen der Deutschen Studiengesellschaft für Trümmerverwertung. Nr. 16. 1949. Die Bauwirtschaft. Nr. 4. 1950.
- Erismann, R.: Recyclingbeton aus Bauschutt. In: 4. Internationales Baustoff-Recycling-Forum (Tagungsband). Mayrhofen. 1993.
- Fergus, J.S.: Investigations and Mix Proportions for Utilizing Recycled Portland Cement Concrete as Aggregate. In: Proceedings of the National Seminar on PCC Pavement recycling and rehabilitation. St. Luis, Missouri, USA. Federal Highway Administration REport FHWA-TS-82-208. 1981
- GUA, Wiener Baurestmassen. Erhebung der im Jahre 1988 deponierten Mengen. Im Auftrag der Gemeinde Wien. Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung (Hrsg.). Wien. 1989.
- Garbotz, G.: Die Praxis der Trümmeraufbereitung. Mitteilungen der Deutschen Studiengesellschaft für Trümmerverwertung. Nr. 39. 1950. Die Bauwirtschaft. 4. 1950.
- Graf, O.: Aus neuen Versuchen über den Einfluß des Gipsgehaltes der Betonzuschlagstoffe auf die Raumänderung des Betons. Mitteilungen der Deutschen Studiengesellschaft für Trümmerverwertung. Nr. 16. 1949. Die Bauwirtschaft. 1949.
- Gretzmacher, G.: Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung von Baustellenabfällen. In: Handbuch der Umwelttechnik '94. Mayer, W. (Hrsg.). Trend Commerz. Wien 1993.
- Griesinger, E.: Persönliche Mitteilung am 14.1.1994. Wien. 1994.
- Hansen, T.: Recycled aggregates and recycled aggregate concrete. In: Recycling of Demolished Concrete and Masonry. Rilem-Report 6. Chapman & Hall. 1992.
- Hansen, T.; Narud, H.: Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. In: Concrete International - Design and Construction. 5, Nr. 1. St. 79 - 83.
- Hoffmeister, K.: Naßaufbereitung als Mittel zur weitgehenden Trümmerverwertung. Mitteilungen der Deutschen Studiengesellschaft für Trümmerverwertung. 1948. Nr. 14, St. 90 - 94. Die Bauwirtschaft. 1948.
- Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau: Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt. In: Schriftenreihe der Sektion V des BM für Umwelt, Jugend und Familie. Band 1. Wien. 1991.
- Keßler, G.: Baustoffrecycling. Schutt und Asche. In: Baujournal. 4/1993. St. 30 - 35. Wien. 1993.

- Knecht, D.: Vom Abbruch zum Rückbau eines Hauses. In: Handbuch der Umwelttechnik '94. Mayer, W. (Hrsg.). Trend Commerz. Wien 1993.
- Krapfenbauer, R.; Sträußler, E.: Bautabellen. Studienausgabe. Wien. 1991.
- Kreidler, E.: Umwelt-Aspekte: Sekundärrohstoffe als Kiesersatz. In: Tagungsband zum 4. Internationalen Baustoff-Recycling-Forum. Mayrhofen. 1993.
- Lahner, T.: Baustoffrecycling und Rückbau in Dänemark. Unveröffentlicht. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Technische Universität Wien. 1993.
- Lahner, T.; Lechner, P.: Grundlagen für bundeseinheitliche Regelungen für die Entsorgung von Baustellenabfällen. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Technische Universität Wien. 1993.
- Lauritzen, E.: Guidelines and experience from the demolition of houses in connection with the Øresund Link between Denmark and Sweden. In: Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. Proceedings of the Third International RILEM Symposium Odense 1993. Rilem-Proceedings 23. Chapman & Hall. 1994.
- Lukas, W.: Auswirkungen auf technologische Kenngrößen von Beton bei Verwendung von Recycling-Material. Ergänzte Fassung des Vortrages bei der Technischen Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie. 1992.
- Neale, B.: Retrieving materials - the effects of EC health and safety directives. In: Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. Proceedings of the Third International RILEM Symposium Odense 1993. Rilem-Proceedings 23. Chapman & Hall. 1994.
- Mettke, A.: Wiederverwendung von Bauelementen und Bauwerksteilen aus Beton. In: Baustoffrecycling und Deponietechnik. Stein Verlag. Baden-Baden. 6/1992, St. 9 - 13. 1992.
- Nicolai, M. et al.: Development of integrated waste management strategies for demolition waste. In: Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. Proceedings of the Third International RILEM Symposium Odense 1993.
- Obermann, P. et al.: Untersuchungen über ein Konzept zur Ermittlung von Grundwassergefährdungen durch Altablagerungen und Altstandorte. In: Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten. Arnsberg R. (Hrsg.). Band 1. 1989.
- Oberösterreichische Landesregierung: Landesgesetzblatt, 38. Verordnung vom 27.4.1992, mit der ein Abfallwirtschaftsplan für das gesamte Landesgebiet erlassen wird (OÖ Abfallwirtschaftsplan 1992).
- Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe (Hrsg.): Richtlinie für Recycling-Baustoffe". 2. Auflage. Wien. Juli 1993.

- Offermann, H.: Stand des Recyclings von Bauschutt. In: Straße und Tiefbau, 43, 2, 1989.
- Ramke H.; Brune, M.: Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit von Entwässerungsschichten in Deponiebasisabdichtungssystemen. Leichtweiß-Institut für Wasserbau. TU Braunschweig. 1990
- Ray, G.: Recycling Portland cement concrete. Paper presented at the 6th National Institute on Recycling of Pavements. University of Wisconsin-Extension. Madison. Wisconsin.
- Rechberger: Telefonische Mitteilung. Vereinigung österreichischer Zementindustrien. Wien. 29.8.1994.
- Rheinland-Pfalz: Erarbeitung eines Leitfadens zur Behandlung von Erdaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch. Ministerium für Umwelt und Gesundheit. 1988.
- Richtlinie für Recycling-Baustoffe. Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe (Hrsg.). Wien 1992.
- Ringhofer, J.: Studie Baurestmassen. Hrsg. NÖ Landesregierung. Abt R/3. 1992.
- Salzburger Landesregierung (Hrsg.); Hartmut Frischenschlager: Bauökologische Planungskriterien für den Hochbau. Salzburg. 1993.
- Schmidt, H.: Beeinflussung der Erfassung von Bauabfällen über satzungsrechtliche Maßnahmen am Beispiel der Stadt München. In: Gallenkemper et al (Hrsg.). Umsetzung neuer Abfallwirtschaftskonzepte. Fachhochschule Münster. 1991.
- Sommer, H.: Beton aus Altbeton und lärmarme Betonoberflächen auf Autobahnen in Österreich. Straße + Autobahn 3/92. St. 160-167.
- Sommer, H.: Recycling of concrete for the reconstruction of the concrete pavement on the Vienna-Salzburg motorway. In: Third International RILEM Symposium Odense 1993. Rilem-Proceedings 23. Chapman & Hall. 1994.
- Sweere, G.T.H.: Verwendung von Schutt als Fundament im Straßenbau. In: Tagungsband zum 4. Internationalen Baustoff-Recycling-Forum. Mayrhofen. 1993.
- TA Siedlungsabfall: Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) vom 14. Mai 1993. Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. BRD.
- TVA: Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990. Schweizer Bundesrat.
- Tobler, J.; Herz, N.; Langer, H.: Weiterführung der Prüfung mineralischer Fraktionen aus einer Sortieranlage für gemischte Baustellenabfälle auf ihre Umweltverträglichkeit und Wiederverwertbarkeit. In: Müll & Abfall, 25, März 1993. St. 177 - 187

Wilson, D.G.: Recycling of demolition wastes. In: Concise Encyclopedia of Building and Construction Materials (Hrsg. F. Moavenzadeh). Oxford. 1990. U.K. Pergamon Press, St. 517 - 518.

TU Wien

Inst. für Wassergüte und Abfallwirtschaft
o.Prof.Dr. Paul H. Brunner - A-1040 Wien



Abt. Abfallwirtschaft
Karlplatz 13/226.4

Wien, März 1993

Tel.: + 43 1 58 801 3196
Fax: + 43 1 504 22 34

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 31410

Straßenaufbruch

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Mag. P. Mostbauer

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

1. HERKUNFT	1
2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	4
2.1 Begriffsbestimmungen: Bitumen, Teer, Asphalt, bitumenhaltige Bindemittel, Mischöl.....	4
2.2 Begriffsbestimmungen: Altasphalt, Fräsasphalt, Asphaltaufbruch, Asphaltgranulat	6
3. ZUSAMMENSETZUNG.....	7
3.1 Produktinformation (frischer Asphalt, Bitumen, PmB....).....	7
3.2 Bindemittelgehalt und Dichte von Altasphalt	11
3.3 Alterung und biologischer Abbau von Bitumen	11
3.4 LD-Schlacke im bituminösen Straßenbau in Österreich.....	12
3.5 Zusammensetzung möglicher Beimengungen aus der Straßenerhaltung	12
4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ	13
4.1 Verwendung von Teer als Bindemittel im Straßenbau in Österreich	17
4.2 Umweltverträglichkeit von Bitumenemulsionen	17
5. ABFALLMASSEN	18
5.1 Masse für den Bundesabfallwirtschaftsplan	19
6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN	19
7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG.....	20
7.1 Überblick	21
7.2 Heißrecycling-in-place (Baustellenverfahren).....	23
7.3 Fräs- und Brechtechnologien	24

7.4	Heißrecycling in Asphaltmischanlagen	25
7.4.1	Bewertung organischer Emissionen bei der Verwertung von Altasphalt, insbesondere in Asphaltmischanlagen	27
7.5	"Kalter Verwertungsweg"	28
7.6	Zwischenlagerung	29
7.7	Stand der Vermeidung und Verwertung in Österreich	30
8.	BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN	31
8.1	Vermeidung	31
8.2	Schadstoffentfrachtung	32
8.3	Verwertung und Behandlung	33
9.	EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES	38
9.1	Förderungsprogramm und Besteuerung von Bitumen	38
9.2	Weitere Möglichkeiten zur Vermeidung und umweltgerechten Verwertung	39
10.	LITERATUR	41

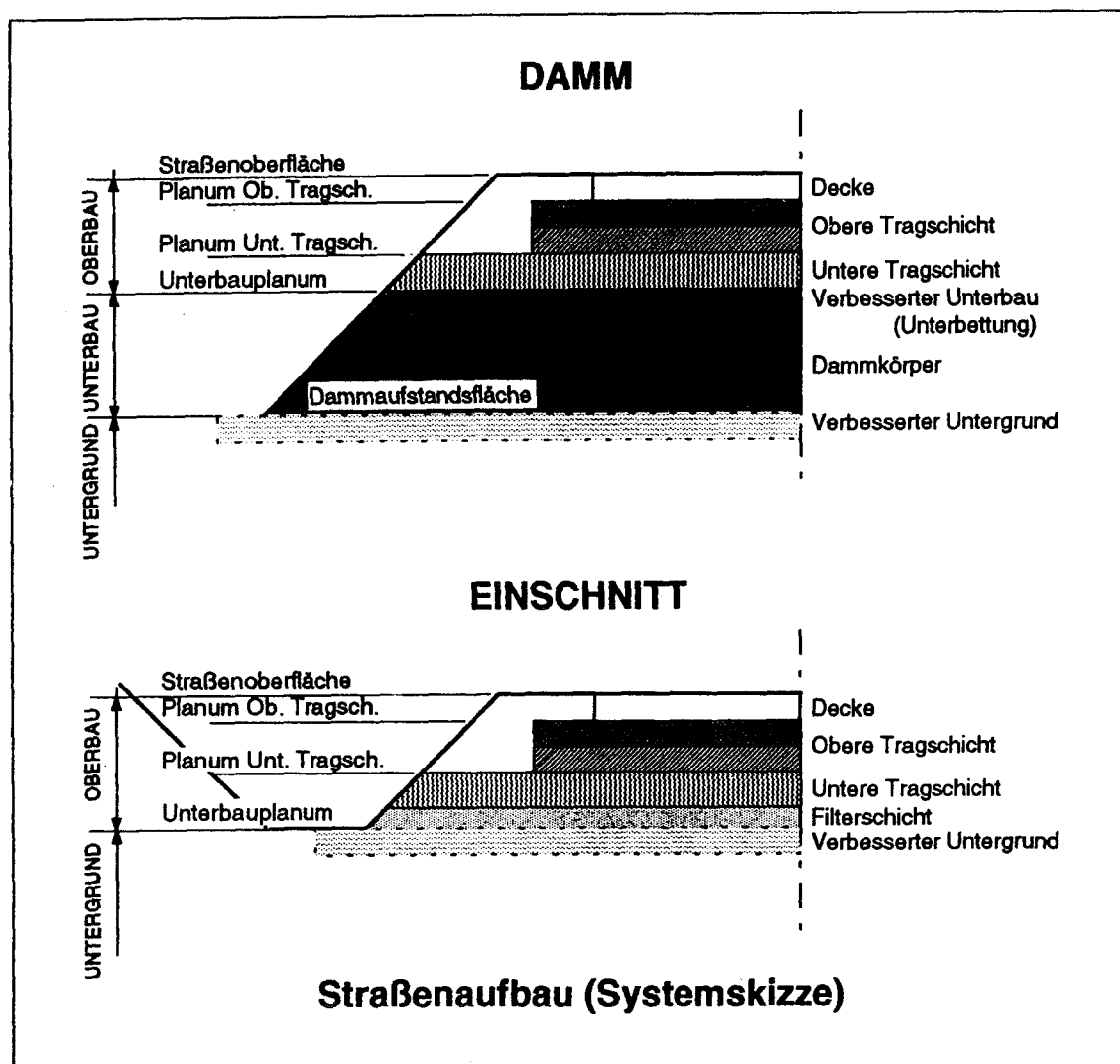
Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen Schlüssel-Nr. 31410 "Straßenaufbruch"

Anmerkung: Betonabbruch wird der Schlüssel Nr. 31427 zugeordnet, auch wenn es sich dabei um Betonteile des Straßenaufbaues handelt. Ebenso werden Fragen der Verwertung und Behandlung von Erdaushub und mineralischem Bauschutt, sofern es sich nicht um Altasphalt handelt, unter den jeweiligen Schlüssel-Nr. behandelt.

1. HERKUNFT

Straßenaufbruch entstammt der Instandhaltung, Erneuerung, Verstärkung oder dem Ersatz von Verkehrsflächen. Die nun folgende Systemskizze soll die Herkunft mit den im Straßenbau üblichen Begriffen erläutern (LITZKA, 1992):

Abbildung 1:
Straßenbautechnische Grundbegriffe



Das starke Verkehrsaufkommen im Transit- und Urlaubsland Österreich führt häufig zu Verschleißerscheinungen und Fahrbahnschäden, die Erhaltungsmaßnahmen - z.B. Reparaturen an Deck- oder Tragschichten - nach sich ziehen. Es können Risse, Spurrillen, Setzungen, Verformungen und andere Unebenheiten, mangelnde Griffigkeit oder sonstige Schäden entstehen. Die in der Folge notwendige bauliche Straßenerhaltung kann sich auf kleinräumige Reparaturen beschränken oder auch im Extremfall das komplette Entfernen der vorhandenen Straßenbefestigung beinhalten. Zu unterscheiden sind laut Merkblättern der FGSV (FGSV, 1983 und 1985):

Unterhaltung: Maßnahmen kleineren Umfangs und bauliche Sofortmaßnahmen zur Substanzerhaltung von Straßenbefestigungen. Sie erfassen nur kleinere Flächen oder Bauteile und werden in der Regel mit geringem maschinellem Aufwand "sofort" nach dem Eintreten des Schadens ausgeführt.

Instandsetzung: Maßnahmen, die deutlich über das Ausmaß einer Unterhaltungsmaßnahme hinausgehen und keine Erneuerung von Straßenbefestigungen darstellen (z.B. Oberflächenbehandlung, Erneuerung der Deckschichten in voller Fahrbahnbreite mit oder ohne Fräsen und ggf. einer Ausgleichsschicht, Spurrinnenbeseitigung in größeren zusammenhängenden Längen).

Erneuerung: Vollständige Wiederherstellung einer vorhandenen Straßenbefestigung oder Teilen davon, sofern mehr als nur die Deckschicht betroffen ist, durch Verstärkung oder nach Beseitigung entsprechender Teile ohne Grunderwerb.

Beispiel: Erneuerung und/oder Verstärkung der oberen Tragschichten. Untere (ungebundene) Tragschichten werden nur selten vollständig erneuert, wenn das Tragschichtenmaterial hinsichtlich Sieblinie und Frostsicherheit den heutigen straßenbautechnischen Anforderungen entspricht (LITZKA; 1993) - d.h. Straßenaufbruch entstammt vorwiegend den oberen Tragschichten oder Deckschichten.

Ersatz: Vollständige Wiederherstellung einer vorhandenen Straße oder Teilen davon bei gleichzeitiger Anpassung an veränderte Anforderungen.

Gelegentlich kann Straßenaufbruch auch dem Rückbau von Straßen entstammen oder dem vollständigen Abbruch. Im Gegensatz dazu trägt der Leitungsbau in städtischem bzw. dicht verbautem Gebiet relativ viel zur Gesamtmasse des zu entsorgenden Straßenaufbruchs bei.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Als Straßenaufbruch werden Baurestmassen aus der baulichen Erhaltung, dem Leitungsbau, dem Rückbau und dem Abbruch von Verkehrsflächen bezeichnet. Dabei handelt es sich überwiegend um das Material der Trag- und Deckschichten, welches bituminös gebunden (Altasphalt), hydraulisch gebunden (Beton, Stahlbeton), emulsionsstabilisiert, hydraulisch stabilisiert oder wassergebunden (= "ungebunden") sein kann. Für den Unterbau (Dammkörper) und gegebenenfalls auch den verbesserten Untergrund wurde in vielen Fällen natürlich gewachsenes Erd- und Gesteinsmaterial verwendet; das ungebundene - eventuell auch das stabilisierte - Material soll beim Aushub der Schlüssel-Nr. 31441 (Bodenaushub, Erdaushub) oder der Schlüssel-Nummer 31409 (mineralischer Bauschutt) zugeordnet werden, solange nicht für ungebundene oder stabilisierte Abfälle aus dem Straßenbau eine eigene Schlüssel-Nummer existiert.

Straßenaufbruch setzt sich primär aus den Bestandteilen Altasphalt (= Ausbauasphalt) und (Straßen)-Betonabbruch zusammen; in geringeren Mengen fallen weiters an:

- Rand- und Pflastersteine
- Leitungen und Rohre, z.B. Kunststoffrohre
- Altmetalle, z.B. Leitplanken
- Sand, Kies und Schotter aus Unterbau und Tragschichten
- teergebundene (pechgebundene) Straßenbaustoffe

2.1 Begriffsbestimmungen: Bitumen, Teer, Asphalt, bitumenhaltige Bindemittel, Mischöl

Wegen der unterschiedlichen toxikologischen Eigenschaften ist es stets wichtig, zwischen bituminösen Baustoffen und Teer bzw. Pech bzw. Teerpech zu unterscheiden. Die DIN 55.946 gibt dazu folgende Definitionen (Text der DIN kursiv, auszugsweise):

Bitumen:

Bei der Aufarbeitung geeigneter Erdöle gewonnenes schwerflüchtiges dunkelfarbiges Gemisch verschiedener organischer Substanzen, deren elasto-viskoses Verhalten sich mit der Temperatur ändert.

Im Straßenbau werden vorwiegend die bei der gewöhnlichen Destillation von Erdöl gewonnenen, weichen bis mittelharten Bitumen-Sorten, die sogenannten Destillationsbitumen eingesetzt. Durch Destillation im Vakuum gewonnenes, sprödes Hochvakuumbitumen wird bevorzugt für Gußasphalte in Innenräumen eingesetzt; für Dachdeckungen u.dgl. verwendet man vorwiegend Oxidationsbitumen, welches durch Einblasen von Luft in geschmolzenes, weiches Bitumen hergestellt wird (WENDEHORST, 1992).

Zu den Bitumen im weitesten Sinne sind auch die in geologischen Zeiträumen aus Erdölen gebildeten Bitumenanteile von Naturasphalten zu rechnen. Naturasphalte (z.B. aus Trinidad)

werden nur in sehr geringem Umfang für die Herstellung spezieller Asphaltplatten verwendet. (DER ELSNER, 1992).

Asphalt:

Natürlich vorkommendes oder technisch hergestelltes Gemisch aus Bitumen oder bitumenhaltigen Bindemitteln und Mineralstoffen sowie gegebenenfalls weiteren Zuschlägen und/oder Zusätzen.

Steinkohlenteerpech:

Bei Raumtemperatur plastische bis feste Rückstände der Destillation von Steinkohlenteeren; Steinkohlenteerpech findet als solches keine technische Anwendung.

Steinkohlenteer-Spezialpech:

Steinkohlenteerpech, dessen physikalische und chemische Eigenschaften durch spezielle Verfahren (z.B. Polymerisation) verändert worden sind.

Die Begriffe Teer, Teerpech, Straßenpech, Straßenteer, Straßenteerpech und Pech werden oft synonym verwendet; ebenso der Begriff carbostämmiges Bindemittel.

Carbobitumen und Bitumenteer sind Gemische aus Bitumen und Teer sowie gegebenenfalls auch weiteren Zusätzen; diese Gemische wurden ebenso wie Teer im Straßenbau als Bindemittel verwendet.

Asphaltbeton ist ein straßenbautechnischer Ausdruck für eine bestimmte Asphaltart, welche nach dem "Betonprinzip" aufgebaut ist. Asphaltbeton wird nicht unter Zugabe von hydraulischen Bindemitteln (Zement) hergestellt, ist daher kein Beton.

Bezeichnung von Asphalten nach RVS 8.05.14, RVS 8.06.27 und RVS 8.629

Asphalt wird in Österreich nach den Richtlinien der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen bezeichnet. Die Einteilung von Asphalt für bituminöse Tragschichten erfolgt dabei nach Qualität (I, II und III) und Funktion der Tragschicht sowie nach dem Größtkorn (in mm), das als Ziffer in die Asphaltbezeichnung eingeht. Walzasphalt wird nach der Funktion und dem Größtkorn bezeichnet. Folgende Abkürzungen sind üblich:

BT bituminöse Tragschicht
BTD bituminöse Tragdeckschicht (nur für geringe Verkehrsbelastung)
AB Asphaltbeton (Walzasphalt, Heißmischverfahren, bituminöse Decke = Belag)
BO Binder offen (nur unter Gußasphalt vorgesehen)
BD Binder dicht (nur unter Gußasphalt vorgesehen)
GA Gußasphalt

Beispiel: BT I 22 ist die Bezeichnung für eine bituminöse Tragschicht für hohe Verkehrsbelastungen mit Größtkorn 22 mm.

Mengenmäßig von großer abfallwirtschaftlicher Bedeutung sind vor allem BT, BTD und AB.

Bitumenhaltige Bindemittel

Nach ELSNER (1992) faßt man Bitumenlösungen, Bitumenemulsionen und Polymermodifizierte Bitumen unter dem Begriff "Bitumenhaltige Bindemittel" zusammen. Zu Bitumenlösungen gehören Bitumenanstrichmittel, Kaltbitumen und Fluxbitumen. Zusammensetzung und Anwendungsbereiche von polymermodifizierten Bitumen und von Bitumenemulsionen wurden im Abschnitt 3 behandelt, soweit dies für das Thema dieser Studie erforderlich schien.

Mischöl (Verjüngungsmittel)

Zusatzmittel bei der Herstellung von Asphalt zur Erhöhung des Mineralölanteiles im Bindemittel.

2.2 Begriffsbestimmungen: Altasphalt, Fräsasphalt, Asphaltaufbruch, Asphaltgranulat

Nach der Ausbaumethode unterscheiden viele Autoren zwischen Asphaltaufbruchmaterial (Aufbruchasphalt) und Fräsasphalt. Dabei kann wiederum zwischen Walz- und Gußasphalt unterschieden werden. AUGUSTIN et al. (1992) geben folgende Definitionen:

Ausbauasphalt ist der durch lagenweises Fräsen kleinstückig oder durch Aufbrechen eines Schichtenpaketes in Schollen gewonnene Asphalt.

Fräsasphalt ist der durch lagenweises Fräsen kleinstückig gewonnene Asphalt.

Aufbruchasphalt ist der durch Aufbrechen eines Schichtenpaketes in Schollen gewonnene Asphalt.

Asphaltgranulat ist der ausgebaute Asphalt, der durch Fräsen oder durch Aufbrechen mit anschließender Zerkleinerung in Stücken gewonnen wurde

Asphaltbrechgut ist durch Brechen zerkleinerter Aufbruchasphalt

KRC-Mischgut (Kaltes Recycling-Mischgut) ist ein Asphaltbrechgut, das durch Zerkleinern von Asphaltschollen in Brechern gewonnen wird und eine Stückgrößenverteilung aufweist, die seinen Einbau in ungebundenen Tragschichten gestattet (z.B. 0/32 oder 0/45 mm).

Für einen allgemein verständlichen Sprachgebrauch wird im weiteren Text dieser Studie anstatt der Begriffe "Ausbauasphalt", "Aufbruchasphalt" etc. der Überbegriff "Altasphalt" verwendet.

Erläuterungen zu diesen Begriffen:

Schadhafte oder nicht mehr benötigte Asphaltschichten werden - wenn nicht eine Reparatur durch "Recycling-in-Place" möglich ist - entweder in Schollen abgebrochen oder abgefräst. Der Schollenaufbruch kann auch ohne spezielle Geräte durchgeführt werden. Wichtig ist, daß die Schollen bei Zwischenlagerung nur wenig Feuchtigkeit aufnehmen und daher auch längerfristig in Heißmischanlagen verwertbar bleiben. Beim Kaltfräsen wird der Altasphalt in vorgegebener Tiefe durch spanabhebende Aggregate abgezogen. Durch den Fräsvorgang wird

der Altasphalt fein zerkleinert; die Kornverteilung der Mineralstoffe wird stark verändert. Bei Lagerung im Freien nimmt der Fräsasphalt bis über 10 % Feuchtigkeit auf. Etwa seit Anfang der 70-er Jahre werden auch Warmfräsverfahren eingesetzt. Bei Temperaturen von 80 bis 110°C lassen sich Asphaltsschichten ohne Verklebungen an der Fräswalze so abfräsen, daß kaum Kornzertrümmerung eintritt.

3. ZUSAMMENSETZUNG

3.1 Produktinformation (frischer Asphalt, Bitumen, PmB....)

Asphalt ist ein Gemisch aus Bitumen oder bitumenhaltigen Bindemitteln und Mineralstoffen. In einbaufähigem Zustand spricht man auch von Asphaltmischgut.

Asphaltmischgut wird überwiegend in großen stationären Anlagen aus ausgewählten Gesteinskörnungen (Mineralstoffen) und Bitumen sowie ggf. aus Altasphalt hergestellt.

Zusammensetzung von Bitumen:

Bitumen ist ein kompliziert aufgebautes Stoffgemisch organischer Natur, welches bei der destillativen Trennung von flüchtigen und nicht flüchtigen Bestandteilen von Erdöl anfällt. Aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung der Erdölsorten weisen auch die zugehörigen Bitumen unterschiedliche Eigenschaften auf.

Durch geeignete Trennmethode können im Labor im Bitumen grundsätzlich 3 Stoffgruppen unterschieden werden:

- 1) das Dispersionsmittel: Ein Gemisch eher niedermolekularer, öligcr Stoffe
- 2) die Erdölharze: Ebenfalls ein Gemisch, jedoch fester, schmelzbarer Stoffe

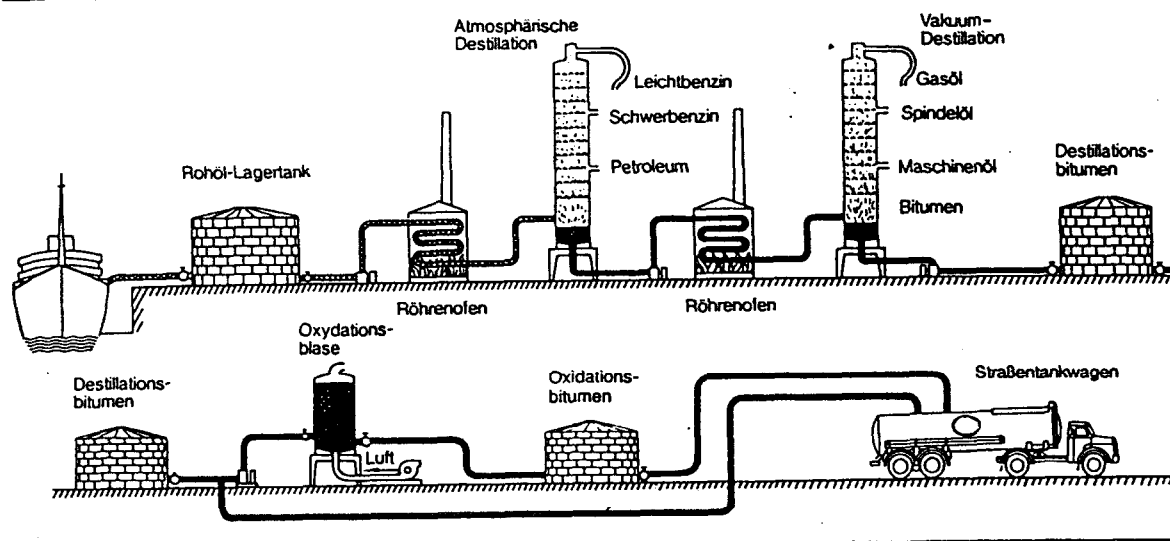
Dispersionsmittel und Erdölharze sind in apolaren Lösemitteln - z.B. in n-Heptan - löslich und werden mit dem Begriff Maltene zusammengefaßt (1)+2)=Maltene).

- 3) die Asphaltene: Ein Gemisch hochmolekularer, unlöslicher Stoffe

Asphaltene und Erdölharze sind im Dispersionsmittel dispergiert; es liegt ein sogenanntes kolloidales System - d.h. eine sehr feine Verteilung von 2) und 3) in 1) - vor. Diese Struktur der Bitumen ist für das Verständnis des physikalischen Verhaltens und für die Beurteilung von Auswaschtesten von Bedeutung. Einigermäßen erschöpfende Analysen der im Bitumen enthaltenen einzelnen chemischen Verbindungen sind wegen der immens hohen Zahl möglicher Isomere nicht durchführbar. Bisher wurde nur von wenigen Bestandteilen die chemische Struktur ermittelt; z.B. die in Spuren enthaltenen Hopanoide, welche auf den biologischen Ursprung der Erdöle hinweisen (ZENKE, 1991). Unter den von Natur aus in Bitumen enthaltenen löslichen Verbindungen nennt HINTSTEINER (1990) Kaliumsalze der Naphthensäuren und der Carbonsäuren. Der lösliche Anteil ist jedoch gering (z.B. rund 0,001 %). Spektroskopische Untersuchungen von wäßrigen Auszügen lassen die Anwesenheit von Carboxyl- und Hydroxygruppen erkennen (PENDRYS, 1989).

Die Herstellung von Bitumen wird in der Abbildung 2 vereinfacht dargestellt:

Abbildung 2:
Herstellung von Bitumen



Klassifikation von Straßenbaubitumen und Fluxbitumen nach DIN 1995 und ÖNORM B 3611

Straßenbaubitumen und Fluxbitumen wird nach der Nadelpenetration des Bitumens klassifiziert und bezeichnet; d.h. für bestimmte Intervalle der Eindringtiefe einer Nadel unter genormten Bedingungen (Druck, Durchmesser der Nadel, Temperatur) existieren fünf normativ festgelegte Bezeichnungen ("B 200", "B 80" etc.), sodaß "weicherer (duktiler)" Bitumen von "spröderem" unterschieden werden kann:

Klassifikation von Straßenbaubitumen:

weicher (duktiler) <-----> härter (spröder)					
B 200	B 80	B 65	B 45	B 25	DIN 1995
B 200	B 100	B 70	B 40		ÖNORM B 3611
niedriger Erweichungspunkt <-----> hoher Erweichungspunkt					

Für alle Straßenbaubitumen-Sorten gelten weiters folgende Anforderungen:

Asche < 0,5 % Unlösliches (in Lösemittel) < 0,5 % Paraffin < 2,0 %

Für Fluxbitumen kann kein Paraffin-Grenzgehalt angegeben werden, da Fluxbitumen ein Straßenbaubitumen ist, dessen Viskosität durch Zusatz von schwerflüchtigen Fluxölen (Dispersionsmittel) auf Mineralölbasis herabgesetzt ist. Nach DIN 1995 Teil 2 wird aber der Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen begrenzt; das Destillat bis 360°C soll 3 Massenprozent nicht überschreiten.

Polymermodifiziertes Bitumen (PmB):

Die Zugabe polymerer Werkstoffe bewirkt einen Anstieg des Erweichungspunktes und eine Erweiterung der Plastizitätsspanne. Polymermodifizierte Bitumen sind somit weniger wär-

meempfindlich; die Gefahr der Bildung von Spurrinnen ist auch im Sommerhalbjahr bei durchschnittlich hoher Achslast der Fahrzeuge gering. Zu hohe Polymerdosierung erweist sich als ungünstig, da dabei die Eigenschaften des Asphaltes bei tiefen Temperaturen nachteilig verändert werden. Der Brechpunkt wird angehoben; Rißbildung ist bei großer Kälte nicht auszuschließen. Der Zugabe von Polymeren sind somit Grenzen gesetzt; auch wenn PmB für Deckschichten zunehmend verwendet wird.

Bei Polymerzusätzen und lieferfertigen polymermodifizierten Bitumen werden im Wesentlichen 2 Typen angeboten:

Typ 1: Thermoplaste und Elastomere, Zusatz ca.3-5 Massen % (% vom Bitumen)

Beispiele:

- Ethylen-Propylen-Terpolymer (EPDM)
- Ethylen-Vinylacetat-Copolymer (EVA)
- andere Ethylen-Copolymerisate, z.B. ACM
- Styrol-Butadien-Styrol-Dreiblockpolymer (SBS)
- Polychloropren (CR)

Typ 2: Synthetische Harze polaren Charakters, Zusatz zum Beispiel 20 Massen %.

Neben dem eigentlichen Polymer enthalten polymermodifizierte Bitumen oft auch Emulgatoren und andere Additive. Auch die Verwendung von Kunststoff- und Gummiabfällen wie z.B. Gummimehl, PVC, Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) wird erforscht und erprobt (KOLB, 1984) (ECKMANN et al., 1988). Die Lebensdauer von Asphaltdecken steigt mit erhöhtem Polymeranteil - allerdings auch der Bitumenpreis. Polymerzusätze finden auch für lärmindernde Dränasphalte Anwendung; diese, auch die Aquaplaninggefahr mindernden Decken neuerer Generation können nämlich nicht ohne stabilisierende Stoffe wie z.B. Zellulose, Gummimehl (Gummirauhstaub) oder Polymerzusätze hergestellt werden.

Die bei einigen Polymeren vorhandene Oxidationsempfindlichkeit (KOPSCH H.,1992) muß in Zukunft stärker beachtet werden. Auch mögliche Auswirkungen störender chemischer Reaktionen - z.B. Abspaltung von HCl aus PVC - auf ein zukünftiges Heißrecycling bzw. eine zukünftige "kalte" Verwertung von Asphalt sind in vielen Fällen nicht bekannt.

Bitumen und Asphalt mit Faserzusatz, Gummimehl und anderen Zusätzen

Alternativ zu polymermodifizierten Bitumen können Asphalte mit hohem Verformungswiderstand auch aus Normbitumen mit Faserzusatz hergestellt werden. Dabei werden unter anderem Glasfasern, Zellulose, Mineralfasern und organische, synthetische Fasern eingesetzt. Die Gefahr einer Spurrinnenbildung wird durch diese Zusätze z.B. bereits bei einer Faserdosierung von nur 0,3 bis 1 % verringert (GREGORI, 1992). Glasfasern erfordern unwirtschaftlich hohe Zugabemengen. Die bautechnische Eignung von Faserzusätzen muß in vielen Fällen erst in der Praxis an Versuchsstrecken erprobt werden.

Zur Verbesserung der Eigenschaften bituminöser Straßenbeläge wurden Zusätze wie z.B. Asbest, synthetische Kieselsäure, Naturasphalt, Schwefel und synthetische Polymere erprobt (KOLB, 1984). In der Praxis wird auch fallweise Naturasphalt zu Gußasphalt zugegeben; dadurch wird eine bessere Verarbeitbarkeit erreicht. Schwefel ist eher als Substitutionsprodukt

für Füller oder Bitumen anzusprechen; ob auch in Österreich Schwefel Anwendung findet oder fand ist nicht bekannt.

In den USA und in Kanada werden große Mengen Gummimehl, welches aus Altreifen hergestellt wird, als Asphaltzusatz verwendet. Man bezeichnet den in dieser Weise hergestellten Asphalt als "crumb rubber additive (CRA) asphalt". BLUMENTHAL (1991) weist darauf hin, daß derzeit über die Recyclierbarkeit von CRA keine Daten verfügbar sind.

Als "Verjüngungsmittel" für die Verwertung von Asphalt in Mischanlagen werden Produkte auf Mineralölbasis angeboten (= Mischöl).

Bitumenlösungen, Bitumenemulsionen, Haftkleber

Für kleinere Unterhaltungsarbeiten und für Oberflächenbehandlungen werden im Straßenbau vorwiegend kationische Bitumenemulsionen verwendet. Haftkleber sind ebenfalls Bitumenemulsionen (auch anionisch), die üblicherweise geringe Mengen an leichtflüchtigen Lösemitteln enthalten. Kaltbitumen ist eine Bitumenlösung, deren Viskosität durch den Zusatz leichtflüchtiger Lösemitteln herabgesetzt ist und eine Verarbeitung in kaltem Zustand erlaubt.

Es ist anzunehmen, daß die Lösemittel verdunsten - spätestens bis zum Ausbau von Schichten, die mit Haftklebern oder Bitumenlösungen behandelt wurden. Lösemittelfreie Haftkleber-Rezepturen wurden in den letzten Jahren entwickelt.

Porenfüllmassen und Regeneriermittel

Porenfüllmassen bestehen aus Mineralstoffen (Sand und Füller), Bitumen, Lösemittel und geringen Mengen Wasser (Wasser-in-Öl-Emulsion). Porenfüllmassen werden ohne Erwärmung für die Oberflächenversiegelung von Asphaltdeckschichten verwendet.

Regeneriermittel sind dünnflüssige Bitumenlösungen, welche ebenfalls ohne Erwärmung verarbeitet werden. Sie dienen der Regenerierung gealterter, "ausgemagerter" Asphaltdeckschichten.

Eine wesentliche Veränderung der Natur und Zusammensetzung von Altasphalt durch vor- malige Anwendung von Porenfüllmassen oder Regeneriermittel ist nicht zu erwarten.

3.2 Bindemittelgehalt und Dichte von Altasphalt

Die Auswertung von 198 Eigenüberwachungsprüfungen von 6 Mischgutherstellern ergab, daß ca.90 % der Altasphalt-Granulate einen Bindemittelgehalt zwischen 3 und 5 Massen % aufwies. Der mittlere Bindemittelgehalt des Altasphaltes beträgt 4 % (BILITEWSKI et al., 1990). Die in Altasphalt ermittelten Bindemittelgehalte stimmen gut mit den straßenbautechnisch bedingten einschlägigen Anforderungen an Trag-, Binder- und Deckschichten überein. Nur in seltenen Fällen - z.B. im Fall von Gußasphalt - sind höhere Bindemittelgehalte zu erwarten:

Tabelle 1:
Bindemittelgehalte von Asphaltmischgut nach WENDEHORST (1992):

Mischgutart	Mineralischer Anteil Körnung (mm)	Bindemittel (Bitumen) Gehalt (Masse %)
Tragschichten	vorwiegend 0/22 und 0/32	> 3,6 *)
Binderschichten	0/11, 0/16 oder 0/22	3,0 bis 8,0
Tragdeckschichten	0/16	> 5,2
Asphaltbeton	0/5 bis 0/16 S	5,2 bis 8,0
Splittmastixasphalt	0/5 bis 0/11 S	6,0 bis 7,5
Gußasphalt	0/5 bis 0/11 S	6,5 bis 8,5
Asphaltmastix	0/2	13,0 bis 18,0

*) für den unteren Teil der Tragschichte kann gegebenenfalls auch ein Bindemittelgehalt > 3,3 Masse % ausreichend sein.

Qualitätskontrollen einer österreichischen Asphaltmischanlage, die ständig auch Altasphalt verwertet, haben Bindemittelgehalte zwischen 3,8 und 4,3 % ergeben (SALM, 1993).

Dichte: Die Dichte wird vorwiegend durch die Dichte der im Altasphalt enthaltenen Mineralstoffe bestimmt, ferner auch durch den Hohlraum- und Wassergehalt. Erfahrungsgemäß kann mit einer Trocken-Raumdichte von 2300 bis 2600 kg/m³ gerechnet werden.

3.3 Alterung und biologischer Abbau von Bitumen

Das im Altasphalt enthaltene Bindemittel Bitumen gilt prinzipiell als "reaktivierbar", d.h. nach schonendem Erhitzen können die ursprünglich vorhandenen Bindemittleigenschaften wieder genutzt werden. Eine Einschränkung des Recyclings von Altasphalt ergibt sich allerdings dadurch, daß Bitumen langsam mit dem Sauerstoff der Luft reagiert. Die Folge dieser langsamen Reaktion ist eine allmähliche Versprödung, sodaß es zweckmäßig ist, beim Heißrecycling dem Mischgut stets auch frisches Bitumen und eventuell auch Mischöl zuzugeben.

Die Alterung beruht im Wesentlichen auf Reaktionen mit Luftsauerstoff und auf langsame Auswaschvorgänge; biologischer Abbau spielt nur eine untergeordnete Rolle. Prinzipiell ist ein biologischer Abbau - vor allem der wasserlöslichen Fraktion des Bitumens oder auch des im Bitumen enthaltenen Dispersionsmittels - durch gewisse Bakterienstämme möglich. Ein Teil dieser Bakterienstämme sondert einen Emulgator ab, der organische Stoffe aus dem Asphalt mobilisiert und damit für einen aeroben Abbau verfügbar macht (PENDRYS, 1989). Die Bakterienkulturen wachsen hauptsächlich an der Oberfläche des Asphaltes, die damit an abbaubarer Substanz verliert. Ein Abbau der weiter innen liegenden potentiell abbaubaren Stoffe ist kaum möglich.

3.4 LD-Schlacke im bituminösen Straßenbau in Österreich

Während Hochofenschlacken aufgrund ihrer Porosität und Saugfähigkeit nur für eher untergeordnete Anwendungsbereiche im Straßenbau bedingt geeignet sind, wird LD-Schlacke aus dem Blasstahlverfahren nicht nur in Österreich, also dem "Heimatland" des LD-Verfahrens, sondern auch in vielen anderen Ländern als geeigneter Ersatzstoff für die Herstellung hochwertiger Deckschichten angesehen (ZIRKLER, 1990). Die Zusammensetzung der LD-Schlacke und die für den Straßenbau relevanten Eigenschaften sind ähnlich wie beim Naturbaustoff Diabas. Für die Herstellung von Deckschichten ist LD-Schlacke geeignet, wenn der "Freikalk"-Anteil (CaO), der unter Umständen zu einem "Kalktreiben" führen kann, limitiert wird.

In Österreich wurden bereits in den 70-er-Jahren Untersuchungen zur Verwertung von LD-Schlacke durchgeführt. In den 80-er-Jahren wurde eine nicht näher bekannte Menge an LD-Schlacke in Österreich im Straßenbau verwertet. Da der Transport von Zuschlägen über große Entfernungen nicht wirtschaftlich ist, beschränkt sich die Verbreitung schlackenhaltiger Deckschichten auf das Stadtgebiet von Linz, Donawitz und die Umgebung von Linz und Donawitz. Im Sommer 1992 wurden Versuchsstrecken mit einer Fläche von insgesamt 31.500 m² bei der Errichtung der B 146 zwischen Ruperting und Pruggern (Steiermark) hergestellt (ZIRKLER, 1990).

3.5 Zusammensetzung möglicher Beimengungen aus der Straßenerhaltung

Wenn gelegentlich auch Streusplitt und Schlämme aus der Straßenentwässerung als "Straßenaufbruch" klassifiziert werden, so ist zu beachten, daß diese Abfälle verkehrsbürtige Kontaminationen und organische Bestandteile (z.B. Laub) aufweisen. Nach einschlägigen Untersuchungen darf Schlamm aus der Straßenentwässerung - z.B. in der Schweiz - nicht als "Inertstoff" bezeichnet werden (ERNST, 1992). Auch die Zusammensetzung von "Wischgut" (= Streusplitt nach Verwendung) und des Feststoffanteiles der Straßenabwässer, der sich z.B. in Versickerungsbecken absetzen wird, wird durch Abrieb, Öl- und Treibstoffverluste und partikuläre Schadstoffemissionen nachteilig verändert, auch wenn grundsätzlich eine dem geogenen Hintergrund (Boden) ähnliche Matrix vorliegt. Die Schwermetalle Zink und Blei und besonders die verkehrsbürtigen Kohlenwasserstoffverbindungen liegen in den Feststoffen - und zwar im Feinanteil - in stark erhöhten Konzentrationen vor (PEIER, 1992; GOLWER, 1991).

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ

Asphalte für den Straßenbau werden in Österreich seit etwa 20 Jahren ausschließlich auf der Basis von Bitumen hergestellt und stellen daher keine unmittelbare Gefahr dar. Bei älterem Straßenaufbruch kann man dagegen nicht ausschließen, daß auch mit Steinkohlenteer, Gasteer oder Holzkohlenteer gebundene Schichten vorhanden sind (siehe auch Abschnitt 4.1). Diese damals auch im Straßenbau verwendeten Bindemittel sind jedenfalls toxikologisch und umwelthygienisch anders einzustufen als Bitumen. Dabei ist primär darauf Bedacht zu nehmen, daß Teere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) enthalten, von denen einige als eindeutig krebserregend eingestuft werden (z.B. Benzpyren). Die Löslichkeit der PAK in Wasser ist einerseits derart gering, daß kontaminierter Erdaushub aus Altlasten - z.B. von Gaswerksstandorten - und gegebenenfalls ebenso Straßenaufbruch auch noch nach 100 Jahren unverändert hohe Gehalte an PAK aufweisen. Andererseits geht von diesen Materialien wegen des sehr geringen PAK-Schwellenwertes für Trinkwasser (0,00001 mg/l) und wegen der Auslaugbarkeit der im Teer enthaltenen Phenole eine Gefahr für nutzbares Grundwasser aus. Auch im Falle einer Erwärmung PAK-haltiger Abfälle kann ein Teil der PAK verdunsten bzw. verdampfen, sodaß bei jeder Art des Heißrecyclings die Gefahr einer unzulässigen Emission gesundheitsschädigender Stoffe besteht.

Tabelle 2:
PAK in Bitumen und Steinkohlenteerpech (KRASS, 1987)

PAK-einzelne Verbindung	Formel	Bitumen (5 Proben) mg/kg	Steinkohlenteerpech mg/kg	
			Probe I	Probe II
Anthracen *)	C14 H10	-	8600	10000
Phenanthren *)	C14 H10	0,4 bis 35	31000	29000
Pyren	C16 H10	0,08 bis 38	20000	29000
Fluoranthren	C16 H10	0 bis 5	40000	43000
Benzo(a)anthracen	C18 H12	0,7 bis 35	8900	12500
Chrysen	C18 H12	0,04 bis 34	7400	10000
Benzo(a)pyren	C20 H12	0,5 bis 27 **)	8400	12500
Benzo(e)pyren	C20 H12	3,2 bis 52	5400	7000
Benzo(k)fluoranthren	C20 H12	Spuren	7100	9000
Perylen	C20 H12	3 bis 39	2000	3300
Benzo(ghi)perylene	C22 H12	1,7 bis 15	3200	3300
Indeno(1,2,3-cd) pyren	C22 H12	Spuren	7300	9300

*) inklusive Alkylderivate

**) Bitumen enthält meistens nur wenige ppm Benzo(a)pyren. Zum Vergleich: Stoffe mit einem Benzo(a)pyren-Gehalt > 50 ppm werden in der BRD als "krebserzeugend" eingestuft (Gefahrstoffverordnung)

Die PAK-Gehalte in teerhaltigen Bindemitteln des Straßenbaues können also sehr hoch sein. Aber auch der PAK-Gehalt von teerfreiem Altasphalt dürfte nicht in jedem Fall vernachlässigbar gering sein, wenn man z.B. bedenkt, daß ein PAK-Gehalt von (in Summe) z.B. 100 ppm im Bitumen einem PAK-Gehalt von ca. 4 ppm im Asphalt gleichkommt. Der in der RICHTLINIE (1990) geforderte PAK-Summengehalt von 0,5 ppm für die Ablagerung in Inertstoffdeponien wäre damit eindeutig überschritten. Im Mittel dürfte allerdings der PAK-Gehalt von teerfreiem Altasphalt unter 0,5 ppm liegen (aufgrund der wenigen zur Verfügung stehenden Daten zum Gesamtgehalt von Bitumen ist diese Aussage allerdings nicht gesichert). Zu beachten ist, daß die Auslaugraten von PAK aus Bitumen normalerweise so gering sind, daß dieses Abdichtungsmaterial sogar für Trinkwasserreservoirs und z.B. für Schwimmbecken verwendet werden kann. Konkret wurde in Österreich z.B. ein Trinkwasserbecken in Linz und das Schwimmbecken in Garsten bei Steyr mit Asphaltauskleidung errichtet (HINTSTEINER, 1990).

Neben den Schadstoff-Gesamtgehalten sind als weitere wichtige Kriterien zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen Auslaugtests zu nennen. In Ermangelung eines allgemein anerkannten Tests für die Untersuchung von Recycling-Baustoffen wird oft die Elution mit Wasser nach DIN 38.414 S4 bzw. nach ÖNORM S 2072 verwendet. Für diese Testmethode liegen inzwischen umfangreiche Meßserien auch in Österreich vor (GREGORI, 1991). Interessant ist, daß auch der DIN-Test deutlich zwischen belasteten - in der Regel teerhaltigen - und gleichsam unbelasteten Altasphaltproben differenziert. Schwierigkeiten ergeben sich dabei allerdings durch den höheren analysetechnischen Aufwand, der durch die sehr geringe Löslichkeit der PAK in Wasser bedingt ist. Die folgende, von GREGORI übernommene Tabelle zeigt eine stark "linkslastige" Verteilung von Altasphalt-Qualitäten; d.h. vielen Asphaltproben mit nur geringer oder vernachlässigbarer Belastung stehen einzelne wenige Proben mit hoher Belastung gegenüber (hier in Form einer Eluat-Klassifikation dargestellt):

Tabelle 3:
Auslaugbarkeit von Altasphalt-Proben, klassifiziert nach ÖNORM S 2072 (1.12.1990)

Parameter	Anzahl der Proben bzw. Parameter zuzuordnen der Eluatklasse							
	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIIa	IIIb	>III
pH-Wert	20	10	5					
Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)	10		22					3
Phenol	4	2	28			1		
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	30	3		2				
Gesamt-Kohlenwasserstoffe	5		14	13	1	1	1	
POX			35					
Anionische Tenside (TBS)		1	33	1				
BTX			35					
Geruch			33					2
Aluminium		15	20					
Blei			35					
Chrom			34	1				
Eisen	2		33					
Vanadium		2	33					
Ammonium		16	19					
Nitrit		8	27					
Altasphalt-Proben, Gesamtanzahl = 35	1	16		14		1		3

Quelle: Tabelle 6 aus GREGORI et al. (1991)

Die von GREGORI festgestellte "linkslastige" Verteilung - insbesondere der PAK-Konzentrationen der Eluate - zeigt eindeutig, daß auch in Österreich Straßenteer bzw. teerhaltiger Altasphalt gelegentlich im Straßenaufbruch angetroffen wird. Übrigens hatte man bei 2 jener 3 Proben, die Aufgrund der Eluatzusammensetzung später der "Eluatklasse > III" zugeordnet wurden, schon vor den PAK-Analysen Teergeruch festgestellt.

Ein bereits oben kurz angesprochener, umweltrelevanter Unterschied in der Zusammensetzung von Teer und Bitumen besteht im wesentlich höheren Gehalt des Teeres an Phenolen und Naphtholen. Zu den im Teer enthaltenen Phenolen zählen die Kresole (= o-, m- und p-Methylphenol), die Dimethylphenole (4 Isomere), die Trimethylphenole (3 Isomere) und das unsubstituierte Phenol selbst. Unter den Naphtholen wären primär die unsubstituierten Vertreter, also α -Naphthol und β -Naphthol zu nennen. Diese phenolischen Verbindungen besitzen unterschiedliche Toxizität; verglichen mit den polyzyklischen aromatischen Verbindungen ist diese Klasse organischer Verbindungen jedoch biologisch leichter abbaubar und im Trend weniger toxisch. Phenolische Verbindungen sind im Allgemeinen im alkalischen Milieu besser eluierbar, da sich die gut löslichen Phenolate bzw. Naphtholate bilden. Zement bzw. Ze-

mentstein werden daher in der Regel ebenso wie alkalischen Emulsionen vor allem bei Anwesenheit von Teer mobilisierend wirken. Teilweise wird auch erst bei einer neuerlichen Absenkung der pH-Werte durch Zufuhr von CO_2 ein Emissionsschub ausgelöst. Die Umhüllung von teerhaltigem Straßenaufbruch mit hydraulischen Bindemitteln (Stabilisierung) stellt daher keine dauerhafte Lösung dar (GLET, 1991).

Einige Gutachter, welche das Auslaugverhalten von Altasphalt im Zusammenhang mit der Wiederverwertung studiert haben, sind der Auffassung, daß die DIN S4-Auslaugmethode für Recycling-Baustoffe nicht geeignet sei; oft werden auch alternative, praxisnahe Versuchsanordnungen als Standardmethoden vorgeschlagen (KRASS, 1988; KRASS K., 1990; BEGERT, 1990, GLET, 1991). Auch HOLNSTEINER vom Geotechnischen Institut am BVFA Arsenal in Wien wird demnächst anwendungsbezogene Auslaugmethoden erarbeiten (Kleinsymposium, persönl. Mitteilung). Vor allem das Auslaugverhalten von Schollenaufbruch dürfte nämlich infolge der in der DIN 38.414 S4 vorgesehenen Zerkleinerung der Proben verzerrt worden sein; d.h. ausgelaugte Schadstofffrachten und -konzentrationen wurden für die Praxis der Wiederverwertung überschätzt. Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang ein Freiland-Lysimeterversuch von BEGERT, bei dem 66 Tonnen Asphaltgranulat 0/22 mm (Österreichischer Altasphalt) eingebaut und über 1 Jahr lang beobachtet wurden. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe waren im Sickerwasser des Lysimeters nicht nachweisbar; die vorgefundenen Konzentrationen an Chlorid, Sulfat, Blei, Natrium, Calcium, CSB und aliphatischen Kohlenwasserstoffen waren sehr gering.

Prüfmethoden zum Nachweis von Teer in Altasphalt:

Siehe Anhang A.

Verkehrsbürtige Belastung von Altasphalt

Die Analyse von Straßenabfluß-Wässern zeigt keine großen Differenzen in der Zusammensetzung bei Beton- und Asphaltdecken. Die Werte für Zink, Blei, Chlorid, elektrische Leitfähigkeit und abfiltrierbare Stoffe sind in beiden Fällen gegenüber dem allgemeinen geochemischen Hintergrund leicht erhöht; weiters sind Vergaserkraftstoffe und Mineralöl im Straßenabfluß jeweils in Konzentrationen zwischen 5 und 7 mg/l enthalten; der CSB-Wert beträgt 107 bzw. 119 mg/l (SCHELLENBERG, 1992). Eventuell vorhandene Einwirkungen auf die Umwelt ergeben sich also eher aus der Nutzung der Straße (inklusive Salzstreuung) als aus der Zusammensetzung herkömmlicher Baustoffe. Keinen Einfluß auf die Zusammensetzung von Straßenaufbruch haben verkehrsbedingte Schwermetallemissionen (Zn, Pb....); erwartungsgemäß wurde auch bei einem Gesamtaufschluß von Fräsgut (aus einer Straßenkreuzung!) und einer Schotter-Tragschichte keine Anreicherung von Schwermetallverbindungen festgestellt (SCHELLENBERG, 1992). Dies kann mit der vergleichsweise geringen Fracht pro Verkehrsflächeneinheit begründet werden.

4.1 Verwendung von Teer als Bindemittel im Straßenbau in Österreich

Über die ehemalige Herkunft und Verwendung von Teeren in Österreich existieren noch keine zuverlässigen Angaben bzw. keine Abschätzungen. Man beachte, daß Teer in großem Umfang auch für Anstriche, Imprägnierung von Holz, Teerpappe u.s.w. verwendet wurde.

Der Teerstraßenbau setzt in Österreich etwa mit beginnender Motorisierung - also um 1910 - ein. Die Österreichische Bau-Zeitung berichtet davon, daß im Jahre 1903 in Wien die ersten 400 m² TeerstraÙe errichtet worden war (Österr. Bau-Zeitung Nr.28/1953, S.4). Damals berichteten die Tageszeitungen, daß "die ganze Umgebung der geteerten Stecken ein anderes, frischeres Bild zeige" und daß die staubgeplagten Bewohner "endlich auch die Fenster geöffnet halten können". Daraufhin setzte ein wahrer Teer-Bauboom ein. 1909 wurden in Wien bereits 30.000 m² Fahrbahnen und 60.000 m² Gehsteige geteert. Aus dem zitierten Artikel geht nicht hervor, ob Gasteer (z.B. aus Wiener "Stadtgas"-Werken) oder Steinkohlenteer verwendet worden war.

Steinkohlenteer aus einer österreichischen Kokerei wurde mit Sicherheit auch in Österreich über Jahrzehnte hinweg als Bindemittel verwendet. Ein Bericht in der Österr. Bau-Zeitung Nr.18/1954 spricht von "stets steigender Menge". Zu diesem Zeitpunkt (1954) hat man auch bereits zwischen Straßenteeren aus reinem Steinkohlenteer und sogenannten Bitumen-(straßen)teeren unterschieden. Bitumen(straßen)teere wurden damals unter Zugabe von 15 % Bitumen hergestellt. Für diese beiden Produkte existierten auch ÖNORMEN, welche zuletzt 1970 bzw. 1971 geändert worden waren. Die Ausgaben der ÖNORM B 3622 "Straßenteere" und der ÖNORM B 3624 "Bitumentee" vom Juli 1971 bzw. Juli 1970 enthalten sogar Grenzwerte für den Naphthalin- und Phenolgehalt dieser Produkte. Der Gehalt an "Phenolen" wurde damals mit 3 Vol.% (bzw. 2,5 Vol.% für Bitumentee); der Naphthalin-Gehalt mit 4 Gew.% = 40.000 ppm (bzw. 3,5 Gew.% = 35.000 ppm für Bitumentee) begrenzt.

4.2 Umweltverträglichkeit von Bitumenemulsionen

Zur Umweltverträglichkeit von Bitumenemulsionen liegen einige Untersuchungen vor. Untersucht wurden unter anderem die akute Bakterientoxizität, die Fischtoxizität, das Abbauverhalten, und die akute orale Säugetiertoxizität (TOLKSDORF, 1992 und NEURURER, 1992). In der wäßrigen Phase von Bitumenemulsionen befinden sich organische Stoffe gelöst, der CSB-Wert kann z.B. 13 g/l betragen. Im OECD-Langzeittest erwiesen sich innerhalb von 4 Wochen über 70 % der gelösten organischen Substanz als abbaubar. Im Fischtest ist bei einer 1000-fachen Verdünnung keine Toxizität mehr zu beobachten. Orale Aufnahme führt bei Ratten auch bei einer Dosis von 2000 mg/kg Körpergewicht zu keinen erkennbaren akuten Schädigungen. Im Bakterientest wurde eine Verringerung der Dehydrogenase-Aktivität festgestellt; eine hemmende Wirkung kann bei unverdünnter Emulsion oder beim Verdünnungsverhältnis (mit Wasser) von z.B. 1:10 festgestellt werden. Bei ausreichender Verdünnung - z.B. 1:500 - wird aber die Dehydrogenase-Aktivität, welche ein Maß für die Vitalität der Bakterien ist, sogar verstärkt. Zu beachten ist, daß der CSB-Wert bei der Elution von Asphalt bzw. im Sickerwasser von zwischen- oder abgelagertem Asphalt um mehrere Größenordnungen geringer ist als der oben genannte CSB-Wert einer Bitumenemulsion. Wahrscheinlich sind daher bei Asphalteluat (wenn diese frei von Teerbestandteilen sind) keine toxischen Wirkungen zu erwarten. Dagegen sind Bitumenemulsionen als "schwach wassergefährdend" einzustufen.

5. ABFALLMASSEN

Die im Auftrag der Gemeinde Wien erstellte Studie der GUA (GUA, 1988) stellt eine wichtige Datengrundlage für die Ermittlung in überwiegend dicht verbautem Gebiet dar. Für die Stadt Wien wurde eine jährliche Menge an Straßenaufbruch von 340.000 t/a ermittelt; davon sind 64.000 t/a hydraulisch gebunden und 276.000 t/a bituminös gebunden. Die Studie geht davon aus, daß nicht gebundener Straßenaufbruch sowie Rand- und Pflastersteine vor Ort verwendet werden bzw. daß nicht gebundenes Material dem Bodenaushub zuzuordnen sei. Rund 60 % des Altasphalte-Anteiles, der nicht deponiert wurde, fand Verwendung im niederösterreichischen Straßenbau (als Kaltrecyclingmaterial). Damit ergibt sich für die Stadt Wien folgendes Bild der Entsorgung von bituminös gebundenem Straßenaufbruch:

Gesamtmasse bituminös gebunden.....	276.000 t/a
Davon deponiert.....	166.000 t/a
Davon wiederverwertet.....	110.000 t/a
Kalte Wiederverwertung.....	66.000 t/a
In Mischanlagen zugesetzt.....	44.000 t/a

Die Verwertungsrate konnte inzwischen erhöht werden; neuere Erhebungen über Mengen und Verbleib sind jedoch nicht bekannt. Auch für das gesamte Bundesgebiet ist keine entsprechende Erhebung über Straßenaufbruch bekannt. HR.LANGER von der NÖ Straßenbauabteilung Waidhofen an der Thaya schätzt die in Österreich jährlich anfallende Asphaltaufbruch-Menge mit mindestens ca. 2.000.000 t/a ab (zitiert in BANSCH, 1990).

BANSCH (1990) hat die oben genannten jährlichen Abfallmassen für die Stadt Wien und einwohnerspezifische, aus der ehemaligen BRD stammende Daten für eine näherungsweise Schätzung der in Österreich zu erwartenden Straßenaufbruch-Mengen verwendet. Bei der Schätzung wurde auch die durch GALLENKEMPER (1984) ermittelte Abhängigkeit der Abfallmengen von der Einwohnerdichte berücksichtigt. Nach allen damals zur Verfügung stehenden Informationen wurde schließlich das Gesamtaufkommen an Straßenaufbruch in Österreich zu 2 bis 2,5 Mio t/a geschätzt. Der Anteil an Altasphalt dürfte dabei ca. 70-80 % betragen. Teergebundene Straßenbaustoffe sind nur mehr in verschwindend kleinem Ausmaß vorhanden bzw. werden oft bei der Sanierung der Straßen nicht tangiert.

Nach GREGORI (1991) beträgt die jährliche Altasphalt-Menge in Österreich etwa 1,5 Mio t/a; steigende Tendenz lassen "demnächst Mengen über 2 Mio t/a" erwarten.

GRETZMACHER (1990) schätzt die jährliche Altasphalt-Menge auf 1,1 Mio t/a; die Erzeugung von Asphalt in Österreich wird mit jährlich 8,7 Mio t/a beziffert. Diese Zahlenwerte dürften aus einer für Altasphalt sehr groben Schätzung von KISSER und BAYER (1990) stammen.

Im Bereich der Wiener Gemeindebezirke IX, XVII, XVIII und XIX fielen in den letzten Jahren (1990 bis 1992) jährlich rund 25.000 bis 35.000 t Altasphalt an. In diesen Bezirken waren lt. Volkszählung 1991 des Stat.Zentralamtes insgesamt 208400 Einwohner wohnhaft. Damit ergibt sich für diese Bezirke ein spezifisches Altasphalt-Aufkommen zwischen 0,12 und 0,17 t/EW,a. Für eine grobe Schätzung des Asphaltaufkommens in Österreich ergeben sich daraus Werte zwischen 1 und 1,3 Mio t/a.

In Österreich wie auch in der BRD wird von regionalen Überangeboten in Ballungsräumen berichtet; in den betroffenen Ballungsräumen besteht ein Altasphalt-Überschuß, sodaß die Lagerhalden ständig wachsen (SCHÜLER, 1989). Bis zum Jahr 2000 ist noch mit einem weiteren Anstieg der Altasphaltmassen zu rechnen.

Bitumen-Gesamtverbrauch: Asphalt-Gesamtproduktion:

Der Bitumenverbrauch in Österreich wurde anhand von Angaben des Fachverbandes der Erdölindustrie und einer SHELL AG-Firmenschrift ermittelt und im Anhang B dargestellt. Aus dem Bitumenverbrauch kann die Asphaltproduktion in Österreich grob abgeschätzt werden, wenn man annimmt, daß der für den Straßenbau verwendete Anteil an Gesamtverbrauch in der BRD und in Österreich etwa gleich groß sind. In der BRD werden etwa 72 % des Bitumens im Straßenbau verwendet. Daraus kann die Asphaltproduktion in Österreich (ohne recycelten Asphalt) mit rund 9 Mio t/a beziffert werden. Die Übereinstimmung mit Schätzwerten umsatzstarker asphalterzeugender Betriebe (9 bis 10 Mio t/a) ist ziemlich gut.

5.1 Masse für den Bundesabfallwirtschaftsplan

Österreich: rund 2 Mio t/a Altasphalt, steigende Tendenz

Tirol: rund 0,1 Mio t/a Altasphalt (BAUER, 1992)

Wien: rund 0,4 Mio t/a Altasphalt

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN

Nach ÖNORM S 2100; Abfallkatalog:

Schlüssel-Nr. 31410 "Straßenaufbruch":

Chemisch/physikalische, biologische und thermische Behandlung: "Für das Behandlungsverfahren nicht geeignet."

Deponierung: "Konditionierung erforderlich."

Teerhaltiger Straßenaufbruch:

Eine entsprechende Schlüsselnummer fehlt in der ÖNORM S 2100 (1.3.1990) und auch im korrigierten Vorschlag der ÖNORM S 2101 (Februar 1993).

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG

Grundsätzlich wird auch heute bereits versucht, die Abfälle aus dem Straßenbau mit möglichst hoher Wertschöpfung als den Primärbaustoffen gleichwertige Stoffe dem Recycling (im eigentlichen Sinne des Wortes) zuzuführen. Ein zumindestens einmaliges Rückführen in den ursprünglichen Anwendungsbereich - also das Recycling - ist bereits für große Abfallmassen - z.B. beim Altasphalt - verwirklicht.

Nicht in jedem Fall werden die ausgebauten Straßen-Bauelemente auch trotz Aufbereitung den Primärbaustoffen qualitativ gleichwertig sein. In solchen Fällen ist man oftmals bestrebt, den Straßenaufbruch im Sinne einer Verwertungskaskade dort zu verwenden, wo keine hohen materialtechnischen Anforderungen gestellt werden müssen, z.B. in Lärmschutzwällen oder im Unterbau ("Down-Cycling", Siehe Abb.3). Auch damit kann wertvoller Deponieraum gespart werden. In Österreich wird daher nur mehr wenig Altasphalt deponiert; nicht sofort benötigte Ausbau-Mengen werden zwischengelagert.

Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die (prinzipiellen) Verwertungs- und Wiederverwendungsmöglichkeiten von Straßenaufbruch:

Tabelle 4:
Verwertung von Straßenaufbruch (Altasphalt, Betonabbruch, Naturstein)

Verwendungsbereiche Straßenaufbruch	Asphalt	Beton	Naturstein
Lärmschutzwälle	Verw.	Verw.	Rec/Verw.
Ungebundene (wassergebundene) Flächen z.B. Wegebau	Verw.*	Verw.	Rec/Verw.
Unterbau und Untergrundverbesserung	Verw.	Verw.	Rec/Verw.
Hinterfüllung und Überschüttung	Verw.	Verw.	Rec/Verw.
Anwendungen im Oberbau:			
Tragschichten ohne Bindemittel	Verw.	Verw.	Rec/Verw.
Hydraulisch gebundene Tragschichten	Verw.	Rec/Verw.	Verw.
Bituminös gebundene Tragschichten	Rec.	Verw.	Verw.
Bituminöse Deck- und Binderschichten	Rec.	Verw.*	Verw.*
Hydraulisch gebundene Decken (Betondecken)	O	Rec.	Verw.
Rand- und Pflastersteine aus Naturstein	Verw.*	Verw.*	Rec.
Rand- und Pflastersteine u.dgl. aus Beton	O	Rec.	Verw.*

Rec Recycling oder Wiederverwendung möglich

Verw Verwertung möglich

Verw* Verwertung bedingt möglich

O Recycling oder Verwertung nicht möglich

Grundsätzlich ist zu beachten, daß an die einzelnen Bestandteile des Fahrbahnaufbaues verschiedene bautechnische Anforderungen zu stellen sind, welche die Verwertung limitieren:

Deckschichten sollen in erster Linie verschleißfest und widerstandsfähig gegen Verformungen sein. Auch wird hier gute Ebenheit, Griffigkeit, günstiges Reflexionsverhalten sowie eventuell auch eine gute Dränwirkung und eine Verringerung der Geräuschemissionen gefordert. Wegen der steigenden Anforderungen an die Fahrbahnoberfläche - also an die Deckschichte - wird auch in Zukunft Altasphalt für die Fahrbahndecke, (z.B. die obersten 3 - 5 cm) nur z.B. bei geringer Beanspruchung durch den Verkehr (Güterwege etc.) Anwendung finden.

Bituminöse Tragschichten (obere Tragschichten) sollen vor allem ausreichende Festigkeit (Biegezugfestigkeit) und eine geringe Temperaturabhängigkeit des Verformungswiderstandes aufweisen.

Von ungebundenen Tragschichten (untere und obere ungeb. Tragschichten) wird hohe Standfestigkeit, gutes Verdichtungsverhalten, Frostsicherheit und Filterstabilität erwartet. Normalerweise sollen diese Tragschichten entwässernde Funktion haben.

Altasphalt kann also eher bei der Errichtung von Tragschichten bzw. im Unterbau verwendet werden als in Deckschichten.

Die technologischen Voraussetzung einer Verwertung oder eines Recyclings von Altasphalt werden in den folgenden Abschnitten (Abschnitt 7.1 ff.) näher besprochen. Die Verwertungsmöglichkeiten für Beton werden in der Studie zur Schlüssel-Nr. 31427 "Betonabbruch" behandelt.

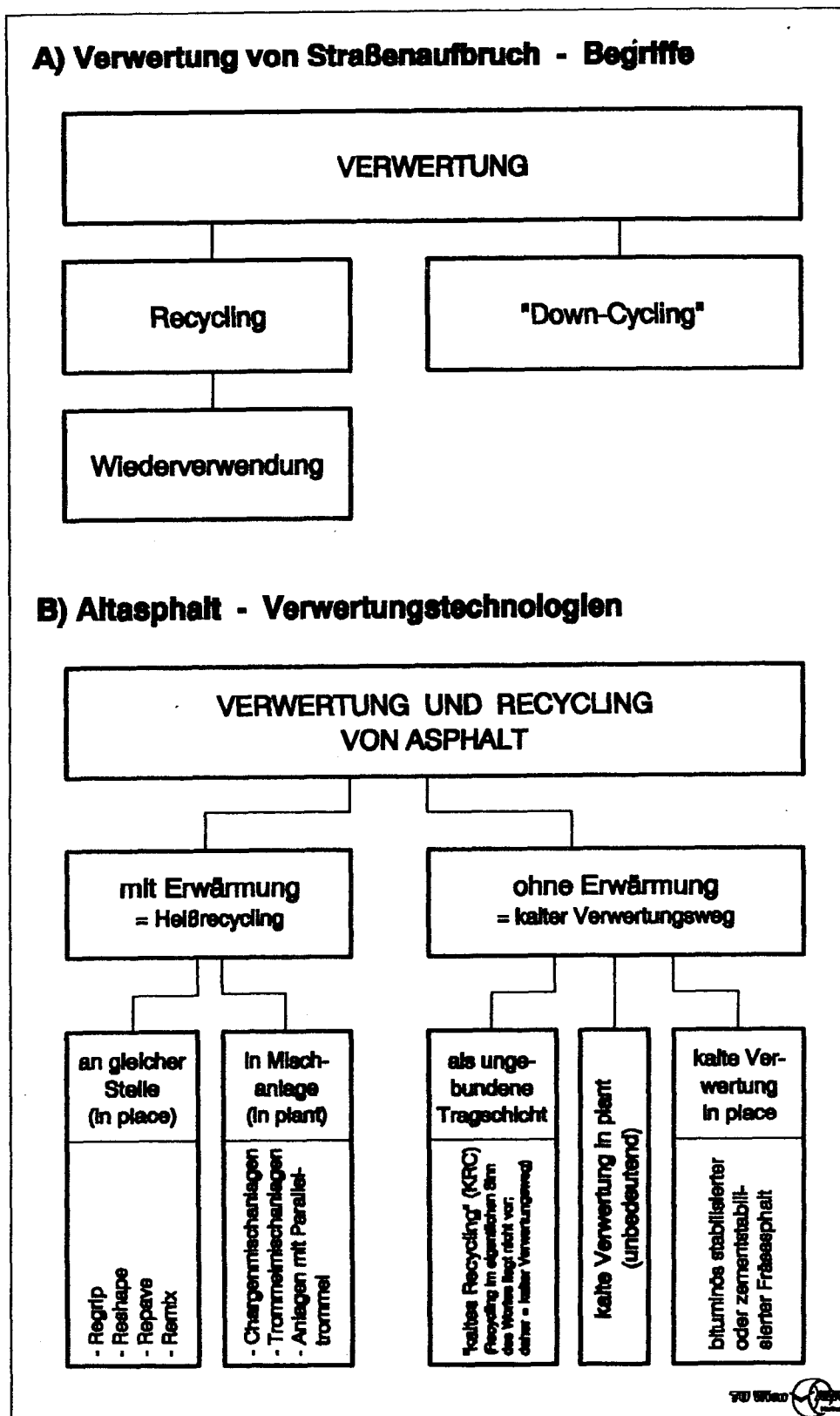
7.1 Überblick

Die Abbildung 3 (siehe folgende Seite) vermittelt ein Bild von den vier (bzw. fünf) prinzipiellen Möglichkeiten der Verwertung bzw. des Recyclings von Asphalt. Grundsätzlich kann entweder durch Erhitzen das im Asphalt enthaltene Bindemittel Bitumen reaktiviert und damit recycelt werden oder man geht den Weg der "kalten" Verwertung von Altasphalt. In beiden Fällen kann der Altasphalt entweder vor Ort - also "in place" - oder fernab der Baustelle in einer Anlage verwertet bzw. recycelt werden.

Ein verformendes Bearbeiten der Fahrbahnoberfläche ohne gleichzeitiger Mischgutzugabe kann - als Grenzfall zu Instandsetzungsarbeiten, bei denen kein Abfall entsteht - ebenfalls noch als "Recycling" bezeichnet werden, da dabei kleinräumig - eben an der Fahrbahnoberfläche - ein materieller Stoffkreislauf existiert. Somit kann unterschieden werden:

- Ein Rückformen der Fahrbahnoberfläche ohne Mischgutzugabe
Reshape, Regrip
- Ein Rückformen der Fahrbahnoberfläche mit Mischgutzugabe
ohne Mischen: Repave;
mit Mischen: Remix
- Das Abtragen des Asphaltes mit anschließender Verwendung bei der Herstellung von Asphaltmischgut ("Heißrecycling-in-plant")
- Das Abtragen des Asphaltes mit anschließender sonstiger Verwendung als ungebundener ("KRC") oder stabilisierter Baustoff ("kalter Verwertungsweg")

Abbildung 3A) und 3B):
Verwertung von Straßenaufbruch und Asphalt - Begriffe



7.2 Heißrecycling-in-place (Baustellenverfahren)

Baustellenverfahren, bei welchem Asphalt vor Ort erwärmt und wiederverwendet bzw. bearbeitet wird, wie Reshape, Regrip, Repave und Remix werden unter dem Begriff "Heißrecycling-in-place" zusammengefaßt.

Die Arbeiten an der Fahrbahn können vereinfacht durch folgendes Ablaufschema dargestellt werden (BANSCH; 1990):

Tabelle 5:
Ablaufschema Heißrecycling-in-place

Verfahren	----->----->-----Arbeitsablauf (schematisch) ----->----->----->				
RESHAPE: ausebnen	Heizen	Fräsen/ Kratzen	Altmaterial verteilen		Verdichten
REGrip: griffig machen	Heizen	Fräsen	Altmaterial verteilen, splitten		Verdichten
REPAVE: neu abdecken	Heizen	Fräsen	Altmaterial verteilen	Neumaterial auftragen	Verdichten
REMIX: misch- en + abdecken	Heizen	Fräsen	Neumaterial zugeben	Mischen, verteilen	Verdichten
STABILISIEREN (Heißverfahren)	Heizen	Verteilen	flüssiges Bindemittel aufsprühen	Neumaterial auftragen	Verdichten

Von den genannten "Heißrecycling-in-place"-Verfahren wird das Regrip-Verfahren nur selten angewendet. Größere Bedeutung bei der Fahrbahnerhaltung besitzen die anderen "heißen" Recycling-in-place-Verfahren, der Einsatz von Altasphalt in Mischanlagen und der kalte Verwertungsweg.

Grundsätzlich kann der Altasphalt direkt an der Straße nur bis ca. 8 (bis maximal 10) cm tief ausreichend und gleichzeitig schonend erwärmt werden. "In-place"-Verfahren des Heißrecyclings eignen sich daher nur für die Erneuerung der Deckschichten sowie eventuell auch der oberen bituminösen Tragschichtlage - z.B. bei schlechtem Schichtverbund.

Reshape-Verfahren:

Beim Reshape-Verfahren wird die oberste Asphaltsschicht nach Erhitzung durch IR-Strahler ohne Zugabe von Neumaterial profiliert. Der alte, erwärmte Belag wird mit mechanisch so angerissen, daß keine Kornzerstörung eintritt und in einem zweiten Arbeitsgang über den Bearbeitungsquerschnitt verteilt. Die rasche Auskühlung macht dabei eine sofortige Verdichtung durch statische Walzen usw. direkt hinter dem Reshape-Gerät erforderlich. Die Oberflächen-

temperaturen liegen bei maximal ca. 180-200°C, in der mittleren Aufreißtiefe - ca. 20 mm - bei etwa 100-120°C.

Repave-Verfahren ("heiß auf heiß"-Verfahren):

Wiederum wird zunächst die Fahrbahnoberfläche mit IR-Strahlern plastifiziert. Das ähnlich wie beim Reshape-Verfahren aufgelockerte Altmaterial wird zusammen mit neuem Heißmischgut - jedoch ohne vorherige Durchmischung - als zweite Fahrbahndecke aufgebracht und verdichtet. Für dieses Verfahren existieren Geräte, die alle erforderlichen Arbeitsschritte in einem Aggregat vereinen (sogenannte Kompaktrepaver):

Das Repave-Verfahren wird hauptsächlich zur Beseitigung von Spurrinnenschäden und zur sonstigen Sanierung von Deckschichten eingesetzt. Durch bis zu 50 % kürzere Bauzeiten wird das Ausmaß der Verkehrsbehinderungen verringert. Reshape- und Repave-Verfahren sind witterungsempfindlich; die meisten Aggregate können nur in der Sommerzeit bis ca. Ende August eingesetzt werden.

Remix-Verfahren:

Beim Remix-Verfahren wird das aufgelockerte Asphaltmischgut, nachdem die Deckschicht erhitzt und aufgerissen wurde, in einem mitgeführten Zwangsmischer mit neuem Mischgut durchmischt. Anschließend wird das Material konventionell eingebaut und mit Walzen verdichtet. Das Mischungsverhältnis kann dabei gut gesteuert werden, sodaß das Altmaterial entsprechend dem jeweiligen Anwendungszweck gezielt verändert werden kann. Es existieren ein- und mehrstufige Verfahren.

Das Sanierungskonzept des Remix-Verfahrens beinhaltet schon die Idee der kontrollier- und steuerbaren Mischung von Alt- und Neumaterial und bildet daher einen fließenden Übergang zum Recycling in Asphalt-Mischanlagen.

7.3 Fräs- und Brechtechnologien

Altasphalt kann in Schollen ausgebaut werden (Schollenaufbruch) oder durch lagenweises Fräsen gewonnen werden (Fräsasphalt).

Ohne Einsatz spezieller Geräte wird Altasphalt häufig mittels Aufbruchmeißel oder Hydraulikbagger in Schollenform ausgebaut. Die Schollen sind in den allermeisten Fällen für eine Verwertung nicht geeignet und müssen in Brechanlagen zerkleinert werden. Dafür werden Prallbrecher verwendet, welche Asphaltgranulat erzeugen, gelegentlich auch andere Brecheinrichtungen oder sogenannte Fräsbrecher, die speziell zur Aufbereitung von bituminösem Straßenaufbruch entwickelt wurden. Weitere Details zur Brechtechnologie werden in der Studie zur Schlüssel-Nr. 31409 (mineralischer Bauschutt) behandelt.

Beim sogenannten Kaltfräsen wird das Material in kaltem Zustand durch spanabhebende Werkzeuge abgetragen; dabei kommt es zu einer mehr oder minder starken Kornzertrümmerung. Die veränderte Sieblinie ist im Falle einer Verwertung zu beachten.

Wenn der Asphalt direkt an der Fahrbahn vorsichtig erwärmt wird - z.B. mit gasgeheizten Infrarot-Heizgeräten - dann kann er schonender abgefräst werden.

Insgesamt ist bei längeren, zusammenhängenden Bauabschnitten, bei denen die Asphaltdecke oder die Tragschichte gleichmäßig zusammengesetzt sind, das Fräsen zu bevorzugen, da ein lagenweiser Ausbau möglich ist und die Streuungen in der Zusammensetzung des Altasphaltes verringert werden. Bei getrennter Lagerung der einzelnen, ausgebauten Schichten stellt Fräsasphalt einen wertvollen Sekundärrohstoff dar.

7.4 Heißrecycling in Asphaltmischanlagen

Asphalt-Mischgut für die Herstellung von Teilen des Straßenaufbaues wird in stationären oder mobilen Asphaltmischanlagen hergestellt; dabei spricht man üblicherweise bei stationären Anlagen vom "Asphalt-Mischwerk" oder auch von der "Asphaltfabrik". Auch Altasphalt bzw. das Asphaltgranulat wird häufig stationären Asphaltmischanlagen zugeführt; viele dieser Asphaltmischanlagen, die ursprünglich nur für die Herstellung von Asphalt aus Bitumen und natürlichen Gesteinen konzipiert waren, können auch Altasphalt in begrenztem Ausmaß mitverarbeiten. Grundsätzlich müssen dabei folgende maschinentechnischen Voraussetzungen erfüllt sein:

- Ausreichende Energiezufuhr zur Trocknung des Altasphaltes
- Sorgfältige Erwärmung, sodaß das Bindemittel verflüssigt, aber nicht geschädigt wird
- Schadloose Ableitung des bei der Trocknung entstehenden Wasserdampfes
- Keine wesentliche Verringerung der Mischerleistung
- Ausreichende Einbautemperatur und Homogenität des resultierenden Mischgutes

Eine Anlage, in der Altasphalt verarbeitet wird, soll außerdem einen Temperatenausgleich im Mischgut und eine ausreichende Temperatur für den Einbau gewährleisten. Für einen ausreichenden Temperatenausgleich muß der Altasphalt im Allgemeinen in zerkleinerter Form beigegeben werden.

Die oben genannten maschinentechnischen Anforderungen sind für das Recycling von Altasphalt von wesentlicher Bedeutung, da die möglichen Zugabemengen durch sie bestimmt werden. Es gibt also verfahrenstechnische Grenzen; ebenso existieren selbstverständlich auch bautechnische Grenzen, besonders bei Deckschichten, die üblicherweise nur aus qualitativ hochwertigem Asphalt hergestellt werden. Wegen der größeren Sicherheit bei der bautechnischen Qualität wird für Deckschichten fast immer frisches Mischgut verwendet. Auch obere Tragschichten für Straßen der Lastklasse 1 - z.B. Autobahnen - bei denen gefordert wird, daß das Gestein keinesfalls Rundkornanteile enthalten soll, werden in Österreich nicht unter Verwendung von Altasphalt hergestellt.

Eine wesentliche Beschränkung des Asphalt-Recyclings ergibt sich dadurch, daß in den in ganz Europa verbreiteten Chargenmischanlagen im Vergleich zum zukünftigen Altasphalt-Aufkommen nur verhältnismäßig geringe Altasphaltemengen verarbeitet werden können, sofern nicht Zusatzeinrichtungen installiert wurden. Chargenmischanlagen erzeugen das Mischgut durch Mischung von erhitztem Gestein und frischem, warmem Bitumen, üblicherweise in Doppelwellen-Zwangsmischern. Grundsätzlich kann dabei dem erhitzten Gestein auch Altasphalt zudosiert werden. Da das im Altasphalt enthaltene Bindemittel aber verflüssigt werden soll, ist dabei die Zugabemenge durch die Wärmekapazität des erhitzten natürlichen Gesteines, durch die Wärmekapazität des Altasphaltes und vor allem durch den Wassergehalt des Altasphaltes begrenzt. Wird der Altasphalt (Fräsasphalt oder Granulat) - was eher eine Ausnahme darstellt - trocken gehalten bzw. trocken angeliefert, dann liegt die obere Grenze der maschi-

nentechnisch bedingten Zugabemenge höher. BILITEWSKI (1990) spricht von einer Zugabemenge bis ca. 40 %; nach den Technischen Vertragsbedingungen der Österr. Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen ist das Verfahren bis etwa 20 Massenprozent trockenen Altasphalt anwendbar (RVS 8-626, Ausgabe April 1987). Nach SALM (1993) kann bei herkömmlichen, nicht mit Paralleltrommeln oder anderen Trockeneinrichtungen für Altasphalt ausgestatteten Mischanlagen unter optimalen Bedingungen in der Praxis eine Zugabemenge von 12 bis 15 % Altasphalt erreicht werden, wenn man von üblichen natürlichen Wassergehalten im Altasphalt ausgeht (3-4 % Wasser) ausgeht.

Man erkennt daran, daß schon allein durch einen geeigneten Ausbau und eine trockene Lagerung von Altasphalt nicht nur Energie, sondern auch Rohstoffe gespart werden können. Übrigens kann die für das Verdampfen von Wasser zusätzlich erforderliche Wärmemenge nicht beliebig durch Erhitzen des natürlichen Gesteines kompensiert werden, da es zur Überhitzung und damit zur Schädigung des Bindemittels kommen würde. Bei einer Überhitzung des Asphaltmischgutes kann es auch zu einem Verkleben von Entstaubungsfiltern kommen, sodaß eine zu starke Erwärmung im Interesse der Luftreinhaltung und eines wartungsfreien Betriebes von Entstaubungsfiltern nicht erwünscht ist.

Sicherlich ist zu beachten, daß etwa ab einer Zugabemenge von 10 % die Kornverteilung und der Bindemittelgehalt des Altasphaltes bekannt sein sollen, damit das Gesamtmischgut den straßenbautechnischen Anforderungen entspricht. Wenn die Herkunft des Altasphaltes und auch die Geschichte des Ausbau-Straßenabschnittes bekannt sind, werden erfahrungsgemäß aber auch bei größeren Zugabemengen keine unververtretbaren Inhomogenitäten im Asphaltmischgut zu erwarten sein. Bei relativ inhomogenem Altasphalt kann die bautechnische Qualität des Asphaltmischgutes bei hohen Zugabemengen (z.B. > etwa 30 %) allerdings nur durch ein rigoroses Kontrollsystem garantiert werden, welches auch eine große Anzahl von Kontrollmessungen und auch die Möglichkeit der Abweisung des Altasphaltes oder Mischgutes vorsieht. Zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Art der Gewinnung des Ausbauasphaltes sowie der Herstellung des Mischgutes werden auch in der BRD in vielen Bundesländern gefordert, wenn die Zugabemenge hoch ist (z.B. mehr als 30 %; detaillierte Angaben zu den einzelnen Bundesländern der BRD findet man in BELLIN und TAPPERT, 1992 und TAPPERT, 1990).

Die verfahrenstechnischen Voraussetzungen für die Verwertung eines hohen Anteiles an Altasphalt sind jedenfalls in sogenannten Doppeltrommelmischanlagen bzw. Anlagen mit Paralleltrommel gegeben. Immer dann, wenn der Altasphalt gesondert bzw. indirekt erhitzt wird, stellen lagerungsbedingte Feuchtigkeit und die oben genannten Wärmekapazitäten keinen begrenzenden Faktor dar. Die indirekte Erhitzung wird in Doppeltrommelmischanlagen in einer eigenen Trommel (Paralleltrommel) durchgeführt, die praktisch nur mit Altasphalt beschickt wird. Erst dann wird der erhitzte Altasphalt mit frischem Gestein und Bitumen den straßenbautechnischen Erfordernissen entsprechend vermengt. Das Aufheizen des Altasphaltes mittels Infrarotstrahlung ist ebenfalls eine - allerdings erst in Entwicklung befindliche - Möglichkeit, die in Zukunft von Bedeutung sein könnte. Wenn der Altasphalt allmählich und nicht schockartig erhitzt wird - z.B. in einer Paralleltrommel - dann ist auch bei Zugabemengen um 60 % ein emissionsarmer Betrieb möglich (minimale Rauchentwicklung). Mit einem Altasphaltanteil von 50 bis 65 % Altasphalt hergestellte Deck- und Binderschichten haben überdies bereits mehrjährige Bewährungsproben überstanden (TAPPERT, 1992). Erfah-

rungsgemäß erfüllt Asphalt bei einem Altasphaltanteil von rund 25 % auch die Österreich geltenden einschlägigen straßenbautechnischen Vorschriften bzw. Richtlinien (RVS).

Inzwischen wurden auch neue Tragschichttypen entwickelt - z.B. sogenannte "Asphaltfundationschichten" (NEUMANN, 1989). Da diese bituminös gebundenen Schichten in solchen Bereichen der Straßenbefestigung angeordnet werden, in denen das bautechnische Anforderungsniveau relativ gering ist, besteht hier die Möglichkeit der Verwertung größerer Altasphaltemengen im Heißeinbau. Ähnliches gilt für Asphalttschichten, die bei der Erneuerung von Betonstraßen auf die gebrochene, alte Betonbefestigung (und -decke) als Ausgleichsschicht aufgetragen werden, bevor im sogenannten "Hocheinbau" die neue Betontragschicht errichtet wird.

7.4.1 Bewertung organischer Emissionen bei der Verwertung von Altasphalt, insbesondere in Asphaltmischanlagen

Messungen der Schadstoffemissionen und -immissionen bei Asphaltmischanlagen und Straßenbaustellen wurden in erster Linie aus der Sicht des Arbeitnehmerschutzes durchgeführt. Wie bereits erwähnt, unterscheidet sich Teer von Bitumen durch einen wesentlich höheren Gehalt an polyzyklischen aromatischen Verbindungen. Ein Teil dieser Verbindungen ist krebserzeugend; somit kann nicht in einfacher Weise ein Grenzwert für die zulässige Raumluftkonzentration (für Arbeitnehmer) bzw. Außenluftkonzentrationen (z.B. für Anrainer von Asphaltmischanlagen) angegeben werden. Dennoch wurde z.B. in der BRD im Jahre 1989 eine technische Richtkonzentration für Benzo(a)pyren eingeführt. Die TRK-Konzentration¹ für Benzo(a)pyren beträgt 0,002 mg/m³. Diese Konzentration wird im Allgemeinen beim Einbau von mit Bitumen hergestelltem Asphalt nicht überschritten (PEFFEKOVEN, 1991).

Dagegen können bei der Erwärmung von teerhaltigem Straßenaufbruch unzulässige Emissionen auftreten, da die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe und auch andere Teerbestandteile verdampfen oder teilweise verdunsten. Auch eine Verwertung auf dem "kalten" Verwertungsweg erscheint bei teerhaltigem Straßenaufbruch nicht immer unbedenklich zu sein, da einerseits staubförmige Emissionen auftreten können und andererseits weil langfristig Teerbestandteile ins Grundwasser gelangen können.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) werden in sehr geringem Umfang auch bei der Herstellung von Asphalt aus frischem Gestein und frischem Bitumen bzw. bei der heißen Verwertung von Altasphalt gebildet. Wie bei anderen Verbrennungsvorgängen (z.B. KFZ-Motoren!) kann die Freisetzung von PAK nicht vollständig ausgeschlossen werden, selbst wenn im Altasphalt praktisch keine PAK enthalten sind. Meßergebnisse von einer mit Paralleltrommel ausgestatteten Mischanlage, welche am Stadtrand von Wien betrieben wird, liegen inzwischen vor. Obwohl mit empfindlichen Meßmethoden PAK nachweisbar sind weist die Abluft - gemessen an den Maßstäben für krebserregende Stoffe der Klasse I der TA Luft (BRD) - einen hohen Reinheitsgrad auf (SALM, 1993). Dies kann freilich nur erreicht werden, weil ständig geprüft wird, ob der angelieferte Altasphalt teerfrei ist (siehe auch Anhang A).

¹ TRK = Technische Richtkonzentration

Eine Begrenzung des organischen Gesamt-Kohlenstoffgehaltes in der Abluft von Asphaltmischanlagen ist zwar grundsätzlich sinnvoll, muß jedoch berücksichtigen, daß die beim Erhitzen von Bitumen (nicht Teer) bzw. Asphalt freigesetzten Dämpfe vorwiegend aus Mineralölen bestehen, die nicht krebserzeugend sind (PEFFEKOVEN, 1991). Beim Betrieb einer Asphaltmischanlage mit Erdgas konnte weiters festgestellt werden, daß der im Abgas vorgefundene Gesamt-Kohlenstoff-Gehalt (rund 50 mg/Nm³) vorwiegend auf unverbrannte Erdgasbestandteile (Methan, Ethan usw.) zurückzuführen ist (SALM, 1993).

7.5 "Kalter Verwertungsweg"

Der sogenannte "kalte Weg" der Verwertung von Asphalt in Form von Fräsasphalt und/oder Asphaltgranulat vor allem im Unterbau (also z.B. untere Tragschichten, Frostschutzschichte) hat sowohl in Österreich als auch in der BRD - wie sich z.B. anhand der Verwertungsstatistik des Bundeslandes Hessen nachweisen läßt (HEIDE, 1991) eine überragende Bedeutung. Wie bereits in der Abb.3 dargestellt wurde, unterscheidet man im Wesentlichen zwischen einer Verwertung als ungebundener Baustoff und einer mit Stabilisierung verbundener Verwertung, bei der Fräsasphalt meistens vor Ort ("in-place") mit Bitumenemulsion oder Zement stabilisiert wird. Der theoretisch mögliche Weg einer kalten Verwertung "in plant" ist unbedeutend.

Die Niederösterreichische Straßenbauabteilung 8 hat bereits 1983 mit Versuchen zur "kalten" Verwertung begonnen und Methoden entwickelt, die inzwischen im gesamten Bundesgebiet Anwendung finden. Dabei wird zerkleinertes Asphaltgranulat der Korngröße 0/32 mm oder 0/45 mm, sogenanntes "KRC-Mischgut" für folgende Anwendungen verarbeitet (zit. nach AUGUSTIN und LANGER, 1992):

- *als Ausgleichsschicht zwischen einer durch Netzzrisse zerstörten alten Asphaltkonstruktion oder einer gerissenen Betondecke und einer darüber aufzubringenden bituminösen Trag- und Verschleißschichte.*
- *als Künnettenverfüllung*
- *als Frostschutzschichte*
- *als mechanische Stabilisierung über Frostschutzschichten oder*
- *zur Stabilisierung von Grobschotterschichten.*

Selbstverständlich müssen im Straßenbau die Anforderungen betreffend Raumbeständigkeit, Kornform, Korngrößenverteilung, Festigkeit und das Zeit-Setzungsverhalten erfüllt sein. Die üblichen Kriterien der RVS 8.511 und RVS 8.512 bezüglich Tragfähigkeit und Frostsicherheit können auf Asphaltbrechgut nur bedingt angewendet werden. Als Ausgangsmaterial ist Altasphalt für Straßenkonstruktionen nur geeignet, wenn er weitgehend frei von anhaftendem Material der darunterliegenden, ungebundenen Schichten ist. Bei der Verwertung von Fräsasphalt ist besonders darauf zu achten, daß keine frostempfindlichen Schluff- und Tonanteile in das Asphaltgranulat oder in den Fräsasphalt gelangen.

Für Betontragschichten und Betondecken ist Altasphalt(granulat) als Zuschlagsstoff ungeeignet; jedoch stören geringe Mengen Altasphalt im Beton-Granulat bei der Herstellung neuer Betonschichten nicht (SOMMER, 1992).

Bei geringer Verkehrsbelastung können Betongranulate und Altasphalt auch für ungebundene Flächen im Wegebau bzw. für wassergebundene Verkehrsflächen uneingeschränkt verwendet

werden; unmittelbar befahrbare Schichten aus Fräsasphalt können dabei möglichst auch mit noch nicht erkaltetem Warmfräsgut hergestellt werden.

Für Lärmschutzwälle dürfte Altasphalt, Betonaufbruch und Naturstein - eventuell nach Zerkleinerung und Siebung - beinahe uneingeschränkt geeignet sein. Prinzipiell ist dabei auch Fräsasphalt verwendbar. Analoges gilt für das Aufschütten von Dämmen und für Hinterfüllungen. Betonaufbruch und Altasphalt können für diese Anwendungsbereiche mit der Einschränkung, daß bei Altasphalt eventuell eine wasserrechtliche Bewilligung und entsprechende Kontrollen erforderlich sein werden, beliebig verwendet werden. Die für die Standfestigkeit und das Einbauverhalten günstige Kornzusammensetzung kann durch Brechen, Sieben und Mischen erreicht werden.

Als Ersatz für Drainagekies im Basisdichtungssystem von Deponien ist Asphaltgranulat ungeeignet, da die Gefahr eines Verlustes der Hohlräume und somit der entwässernden Wirkung unter dem Einfluß der Auflast und auch der bei Mülldeponien zu erwartenden Temperaturen (z.B. 40°C) groß ist. Die Anwendung für den Wegebau innerhalb der Deponie ist prinzipiell möglich; derartige Anwendungen dürfen aber nicht als "Hintertür" für das Einbringen von ungeeigneten Abfällen (z.B. teerhaltiger Altasphalt) in Inertstoffdeponien fungieren.

Verwertung mittels hydraulischer Bindemittel oder als emulsionsgebundene Stabilisierung

SIMM (1989) berichtet davon, daß in einer Versuchsstrecke eine hydraulisch gebundene Tragschichte zu praktisch 100 % aus Asphaltgranulat hergestellt wurde. Als Bindemittel diente hydrophobierter Tragschichtbinder aus einem Zementwerk. Die Tragschichte muß nach den Erfahrungen mit dieser Versuchsstrecke einlagig eingebaut werden, sodaß der Fertiger eventuell umgebaut werden muß. In der Versuchsstrecke wurde über der neu entwickelten Tragschichte eine konventionelle Tragschichte angeordnet. KRZEMIEN und WALDHANS (1992) berichten über mehrere Sanierungsmaßnahmen an Österreichischen Straßen, bei denen Bitumenemulsionen zur Stabilisierung von Fräsasphalt verwendet wurde. Grundsätzlich können sowohl kationische als auch anionische Emulsionen verwendet werden. Bitumenemulsionen bestehen zu rund 2/3 aus Bitumen, einem Emulgator und Wasser. Als Abbinderegler bzw. Hilfs-Bindemittel kann an der Baustelle zusätzlich Zement zudosiert werden. Bei der Anwendung ist zu beachten, daß anionische Emulsionen bei Anwesenheit von Teerbestandteilen phenolische Verbindungen freisetzen können (GLET, 1991). Kationische Emulsionen reagieren stark sauer; derzeit ist nicht bekannt ob dadurch lokale Beeinträchtigungen auftreten können.

7.6 Zwischenlagerung

Derzeit lokal in Österreich vorhandene Engpässe bei der Verwertung von Altasphalt haben zur Zwischenlagerung von Altasphalt bei Bauschuttdeponien, Aufbreitungsanlagen und Asphalt-Mischwerken geführt.

Für die Lagerung von Altasphalt zum Zwecke der Verwertung wurde vom Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten ein Merkblatt "Gestaltung von Wertstofflagern bei Asphaltrecyclinganlagen (September 1990)" herausgegeben. Das Merkblatt sieht eine Erfassung und Ableitung des bei der Zwischenlagerung anfallenden Sickerwassers vor. Das Merkblatt enthält einen Hinweis auf die (damals noch im Entwurf vorliegende) ÖNORM S 2071; folgender Aufbau der Basisdichtung wurde vorgeschlagen:

- 4 cm Dichtasphalt (als oberste Schichte)
- 6 cm bituminöse Tragdeckschichte
- 30 cm ungebundene Tragschicht

Dieser Aufbau soll laut Merkblatt "für alle geologischen Bedingungen angewendet werden".

In der Praxis wird Asphalt und gebrochener Asphalt jedoch oftmals bei Baustellen oder Aufbereitungsanlagen ohne Abdichtungsmaßnahmen zwischengelagert; nachteilige Einwirkungen auf Gewässer, die sich aus dieser Praxis in Österreich bereits ergeben hätten, wurden bisher nicht beklagt. Die unvermeidbaren Restlöslichkeiten und die durch Abschwemmung zu erwartenden partikulären Emissionen dürften nur lokal zu geringfügigen Einwirkungen führen.

SALM beobachtete bei der Zwischenlagerung von Altasphalt über abgedichtetem Untergrund, daß praktisch das gesamte Niederschlagswasser nahe der Oberfläche des angeschütteten Altasphaltes abfließt (persönl. Mitteilung; 1993). Eine leichtfertige Verallgemeinerung dieser Beobachtung ist jedoch nicht zulässig. Nach den Erfahrungen mit dem Wasserhaushalt von Deponien ist die Sickerwasserneubildung stets von der Geometrie des Schüttkörpers und von der Witterung abhängig. Bei den in Österreich anzutreffenden meteorologischen Randbedingungen kann kein dauerhaftes und vollständiges Ausbleiben von Sickerwasser erwartet werden.

Teerfreier Altasphalt kann nach allen bisher vorliegenden Erkenntnissen zum Auslaugverhalten von Bitumenbestandteilen als Inertstoff im Sinne der Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen (1990) eingestuft werden.

7.7 Stand der Vermeidung und Verwertung in Österreich

Auch wenn aufgrund der fehlenden Aufzeichnungen für Österreich im Überblick keine Daten zur Verwertung vorhanden sind und auch die Verwertungsquoten regional unterschiedlich sind, so kann aufgrund der vorliegenden Berichte aus der Praxis der Verwertung und anhand der im Rahmen dieser Studie geführten Telefongespräche angenommen werden, daß der "kalte Verwertungsweg" gerade in den letzten Jahren eine überragende Bedeutung eingenommen hat. FEKTER (1992) gab für 1992 eine Verwertungsquote für Straßenaufbruch von "zwischen 70 und 90 %" an. Nach unseren Umfragen und Gesprächen mit Straßenbauunternehmen und Baubehörden wird derzeit praktisch nur jener Anteil von Altasphalt deponiert, der aufgrund der besonderen örtlichen Gegebenheiten des Straßenaufbaues oder auch durch die Unzugänglichkeiten beim Aufbruch zwangsweise nicht sortenrein gewonnen werden kann. Dieser Anteil wird auf ca.2 bis ca.10 % geschätzt. Freilandstraßen werden überdies fast immer im "Hocheinbau" saniert, d.h. wenn sich der Straßenaufbau als nicht mehr ausreichend tragfähig erweist, wird er nicht entfernt, sondern als Teil des neuen Straßenaufbaues verwendet. Neue Trag- und Deckschichten werden oberhalb der bestehenden, alten Straße errichtet. Beim Hocheinbau fällt in der Regel kein Altasphalt an.

Da in Österreich nur wenige Paralleltrommelanlagen (5 bis 6) existieren, welche höhere Altasphaltanteile verarbeiten können, wären die Transportwege derzeit für eine wirtschaftliche Verwertung in diesen Anlagen in vielen Fällen zu groß. Prinzipiell könnten die ca. 200 anderen Asphaltmischanlagen auch ca.10 bis 20 % Altasphalt - bezogen auf die Asphaltproduktion - einer Verwertung zuführen. Aus verschiedenen Gründen aber verarbeiten viele Mischanlagen derzeit keinen Altasphalt, d.h. Asphaltmischgut wird in diesen Anlagen zu 100 % aus fri-

schem Bitumen und natürlichem Gestein hergestellt, auch wenn dies aufgrund der bautechnischen Anforderungen, die man an den Asphalt stellt, in vielen Fällen nicht notwendig ist.

In manchen Gebieten Österreichs wird auch teerfreier Asphalt immer noch deponiert oder - wenn z.B. ein regionales Ablagerungsverbot erlassen wurde - für unbestimmte Zeit in Schollenform oder als Granulat gelagert. Ob dabei eine Zwischenlageung im Sinne des Altlastensanierungsgesetzes vorliegt, ist unklar. Aufgrund der hohen Zahl an stationären Mischanlagen (ca.200) kann die regionale Entwicklung und der tatsächliche Bedarf an Anlagen zur Verwertung von Altasphalt jedenfalls ohne weitere Erhebungen kaum abgeschätzt werden.

Exemplarisch soll jedoch darauf verwiesen werden, daß bei Investitionskosten von ca. 8 bis 9 Mio öS für die Installation einer Paralleltrommel unter den derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Bitumenpreis, Gesteinspreise, Kreditraten....) eine entsprechende Investition nur ab einer verarbeiteten Altasphalt-Jahresmenge von ca. 25.000 t/a getätigt wird. Ein Recycling von Altasphalt in modern ausgestatteten Mischanlagen dürfte daher derzeit ohne Förderung im Nahbereich kleinerer Städte unwirtschaftlich sein.

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN

8.1 Vermeidung

Es ist anzunehmen, daß auch in Zukunft Erhaltungsmaßnahmen an Straßen und Autobahnen in großem Umfang durchgeführt werden müssen, um die Bausubstanz zu erhalten und die Verkehrssicherheit nicht zu gefährden. Wenn dennoch die Vermeidung auch für Altasphalt das höchste abfallwirtschaftliche Ziel sein sollte, ist zunächst

- 1) eine Verringerung des Verkehrsaufkommens, der Achslasten und/oder der Geschwindigkeit

anzustreben.

Die Verringerung des Verkehrsaufkommens und/oder der Achslasten wären die wirksamsten Maßnahmen, um dem ständig steigenden Erneuerungsbedarf von Verkehrsflächen entgegenzuwirken. Eine deutliche Verringerung des Verkehrsaufkommens im Straßenverkehr ist jedoch trotz bereits etablierter verkehrspolitischer Instrumente zumindest bis zum Jahr 2000 insgesamt nicht aus den derzeitigen Trends nicht ablesbar.

Ein weiterer wesentlicher und jedenfalls langfristig wirksamer Lösungsansatz zur Vermeidung von Straßenaufbruch besteht darin, daß man die Straßenbeläge und -konstruktionen in Zukunft so herstellt, daß eine möglichst lange Haltbarkeit gewährleistet ist. Dazu gehören folgende Maßnahmen:

- 2) Anwendung nur hochwertigster, widerstandsfähiger Deckschichten, z.B. Splitt-Mastix-Asphalt.
- 3) Verstärkung der gebundenen Straßenbefestigung.

und

- 4) Entwicklung neuer langzeitbeständiger Baustoffe und Baukonstruktionen im Straßenbau. Diese sollten selbstverständlich in ihrer stofflichen Zusammensetzung umweltverträglich sein und ohne großen Energieaufwand hergestellt werden.

Weitere Vermeidungsmöglichkeiten sind:

- 5) Vermeidung korrosiver Einflüsse, z.B. durch Streumittel, Düngemittel bei hydraulisch gebundenen Straßenbaustoffen.
- 6) Weiterentwicklung und Förderung grabenloser, unterirdischer Methoden zur Errichtung, Reparatur und Wartung von Versorgungsleitungen, Abwasserrohren u.dgl.

Eine nur kurzfristig wirksame Vermeidung durch ein "Hinausschieben" von Bauvorhaben ist nicht anzustreben, da einerseits keine Abfallvermeidung auf Kosten der Verkehrssicherheit erfolgen sollte, andererseits aber dieses "Hinausschieben" sich eher ungünstig auf die Verwertbarkeit des Straßenaufbruches auswirken kann, z.B. wenn Betondecken oder Straßenpflaster provisorisch mit Asphalt ausgebessert wurden.

Kommentar zur Verringerung der Achslasten:

Beachtenswert ist, daß die Materialermüdung des Befestigungsaufbaues von Straßendecken etwa mit der vierten Potenz der statischen Auflast der Fahrzeuge ansteigt (BECKER, P.von, 1989). Eine Erhöhung des Fahrzeugesamtgewichtes von 38 auf 40 t bei gleichbleibender Achsenanordnung würde daher eine Zunahme der Straßenbeanspruchung um rund 20 % bedeuten (NIEVELT, 1988). Bei ohnehin durch die Öffnung des Ostens wachsendem Verkehrsaufkommen sollten die in Österreich geltenden Grenzwerte für Gesamtmassen (Daten siehe z.B. LITZKA, 1992) verringert werden. Eine Anpassung an die derzeit (seit 1984) geltenden EG-Grenzwerte bedeutet eine Erhöhung der zulässigen Gesamtmassen aller Kraftfahrzeuge. Die ab 1995 für einige Fahrzeugtypen in der EG nochmals erhöhten Gesamtmassen sollten neu diskutiert werden.

8.2 Schadstoffentfrachtung

Teer-Problematik

In der BRD hat die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen eine Richtschnur zur Lagerung und Verwertung von Altasphalt mit dem Titel "Grundsätze für die umweltverträgliche Verwendung und Wiederverwendung von Straßenbaustoffen (= GuVWS)" herausgegeben. Dieses Grundsatzpapier beinhaltet eine Definition und umweltbezogene Beurteilung bitumen- und teerhaltiger Stoffe und Empfehlungen zur "Wiederverwendung" (=Verwertung). Sowohl das "heiße" Recycling als auch die "kalten" Verwertungswege werden als umweltverträglich klassifiziert, wenn der Altasphalt keine Teerbestandteile enthält. Straßenbaustoff, der "bei seiner Gewinnung" bis zu 0,5 Massenprozent Teer (Pech) enthält, wird als "schwach teer/pechhaltig eingestuft"; seine Verwertung gilt nach GuVWS in der Regel als umweltverträglich.

Jedenfalls für stärker teer/pechhaltige Ausbaustoffe gelten nach GuVWS folgende Verfahrensschritte nicht als umweltverträglich (GuVWS, 1990):

- "heißes" Recycling in Mischanlagen oder durch Recycling-in-place
- "kalte" Verwertung in ungebundenen (wassergebundenen) Schichten

Für stärker teer/pechhaltige Straßenbaustoffe bleibt nach GuVWS innerhalb der Verwertungsmöglichkeiten also nur der Verwertungspfad des kalten Ausbaus und der kalten Verarbeitung mit anschließendem (umhüllenden) Einbau zusammen mit in der Kälte wirksamen Bindemitteln, also Bitumenemulsion, geschäumtem Bitumen oder hydraulischen Bindemitteln. Doch auch hier wird die Verarbeitung, der Einbau und die fertige Schicht nur als "in der Regel umweltverträglich" bezeichnet. Es wird angemerkt, daß bei Gewinnung, Transport und kalter Aufbereitung dieser hochbelasteten Asphaltsschichten Schadstoffemissionen möglich sind und daß es weiters im Falle der Zwischenlagerung es zu einer Beeinträchtigung von Gewässern kommen kann. Im Prinzip kann daher die GuVWS als eine Absage an die Verwertung stärker teer/pechhaltiger Altstoffe verstanden werden.

Teerhaltige Straßenbaustoffe sind, auch wenn behauptet wird, daß sie in umweltverträglicher Form verwertet werden können, ein Problem für die zukünftige, möglicherweise viel intensivere Verwertung von bituminösen Baustoffen (Rohstoffknappheit bei Rohöl, Maßnahmen gegen den Treibhauseffekt ! ----> Ansteigen der Bitumenpreise ?). Langfristig gesehen ist es daher wesentlich besser, wenn alte, teerhaltige Straßenbaustoffe, die auch in Österreich gelegentlich anzutreffen sind, aus dem Stoffkreislauf "Altasphalt" ausgeschleust werden. Eine getrennte Gewinnung und sichere Endlagerung teerhaltiger Straßenbaustoffe ist anzustreben.

Inverkehrbringen neuer Zusätze bzw. neuer bituminöser Bindemittel

Die Recyclingfähigkeit der Asphalttrag- und deckschichten sollte weiters möglichst lange erhalten bleiben. Neu hinzukommende Zusätze für neuen, z.B. besonders widerstandsfähigen Asphalt bzw. für neue Bindemittel auf Bitumenbasis sollten nur dann zugelassen werden, wenn bei einem späteren Recycling - z.B. in Asphaltmischanlagen - keine zusätzlichen Umweltbeeinträchtigungen auftreten werden. Derzeit existieren dafür nur unzureichende Prüfmethoden. Entsprechende Kriterien und Prüfmethoden sind zu entwickeln und festzulegen.

8.3 Verwertung und Behandlung

Der Ist-Zustand der Verwertung und Behandlung und die in Zukunft anzustrebende Situation werden in den Abbildungen 4 und 5 schematisch dargestellt. Bedingt durch den lagenweisen Aufbau ist eine getrennte Gewinnung des Straßenaufbruchs, also der Fraktionen Asphalt, Beton usw. im Vergleich zum Hochbau relativ leicht möglich. Dies hat dazu geführt, daß im Vergleich zu anderen Baurestmassen die Verwertungsquoten derzeit bereits hoch sind. In Österreich wird nur mehr ein relativ geringer Altasphalt-Anteil deponiert. Für den Straßenaufbruch insgesamt im Jahr 1991 wurde die Verwertungsquote auf 70 bis 90 % geschätzt (FEKTER, 1992).

Bei der Verwertung dominieren die "kalten" Verwertungstechnologien, also der Einbau des kalt gewonnenen Fräsasphaltes oder des gebrochenen Altasphaltes ("KRC") in den Unterbau oder für Ausgleichsschichten im Straßenbau. Damit ist die im §1 AWG genannte Forderung nach Schonung des Deponieraumes größtenteils erfüllt. Für den Unterbau, für Ausgleichsschichten, Lärmschutzwälle, Künettenverfüllungen u.dgl. können jedoch auch andere, gegebenenfalls minderwertigere Recycling-Baustoffe verwendet werden. Um nun auch

der Forderung des Abfallwirtschaftsgesetzes nach der Schonung natürlicher Rohstoffreserven Rechnung zu tragen, sollte in Zukunft mehr Altasphalt bei der Herstellung von Asphaltmischgut verwendet werden (Siehe dazu § 1 AWG). In dieser Weise kann sowohl Bitumen als auch natürliches Gestein, das bei der Asphaltherstellung verbraucht wird, eingespart werden. Es ist nicht zu befürchten, daß dann das Material für ungebundene oder stabilisierte Schichten im Straßenbau "fehlt", da für diese Anwendungsbereiche in Zukunft ungebundenes Aushubmaterial, Betonabbruch sowie auch Recyclingbaustoffe aus dem Hochbau in größerem Umfang zur Verfügung stehen werden. Schließlich darf auch der Aspekt der Wiederverwertung des Bitumens als relativ wertvolles, durch Erhitzen reaktivierbares Bindemittel nicht übersehen werden.

Die Grenzen der Verwertungsmöglichkeiten bei der Herstellung von Asphaltmischgut liegen einerseits in der Technologie der Herstellung von Asphaltmischgut, aber auch in der alterungsbedingten Versprödung von Asphalt und schließlich auch darin, daß für Deckschichten - z.B. für die obersten 4 cm des Fahrbahnaufbaues - nur hochwertige, genau dosierte Mischungen verwendet werden können.

Theoretisch können in Mischanlagen mit Paralleltrommeln dem Asphaltmischgut bis zu ca. 70 Massen % Altasphalt zugesetzt werden; in der Praxis sind die in Österreich geltenden einschlägigen bautechnischen Richtlinien betreffend Asphalt auch dann erfüllt, wenn z.B. 25 % Altasphalt mitverarbeitet wird. Bei vielen Anlagen in Österreich - es handelt sich dabei meistens nicht um Paralleltrommel-Anlagen - wird derzeit nur eine Verwertungsquote zwischen 5 und 20 Massen % (bezogen auf erzeugtes Asphaltmischgut) erreicht. Die derzeit in Österreich existierenden 5 oder 6 Paralleltrommel-Anlagen können weder aufgrund ihrer Kapazität noch aufgrund der geographischen Verteilung eine wesentliche Entlastung dieser Situation darstellen.

Zur Finanzierung dieses Förderungsprogrammes wird vorgeschlagen, auch Straßenbitumen, das bisher nicht der Mineralölsteuer unterliegt, zu besteuern (siehe Abschnitt 9.1). Die Mineralölsteuer wird nicht mehr zweckgebunden für den Straßenbau verwendet.

Solange die für den "heißen Verwertungsweg" erforderlichen Mischanlagen in Österreich noch nicht in ausreichendem Maß zur Verfügung stehen, wird empfohlen, die bisher bewährten "kalten" Verwertungsmöglichkeiten - besonders diejenigen, bei denen der Altasphalt wieder im Straßenbau verwendet wird - zu nützen. Zur Sicherung dieser Form der Verwertung müssen teilweise noch Anforderungskataloge, die bereits in Pionierarbeiten erstellt wurden, in einschlägigen straßenbautechnischen Richtlinien, Normen o.ä. festgehalten werden (z.B. RVS-Richtlinien, ÖNORMEN). Damit wird eine recyclinggerechte Planung und Ausschreibung von Bauvorhaben erleichtert.

Abbildung 4:
Verwertung und Entsorgung von Altasphalt: Ist-Zustand

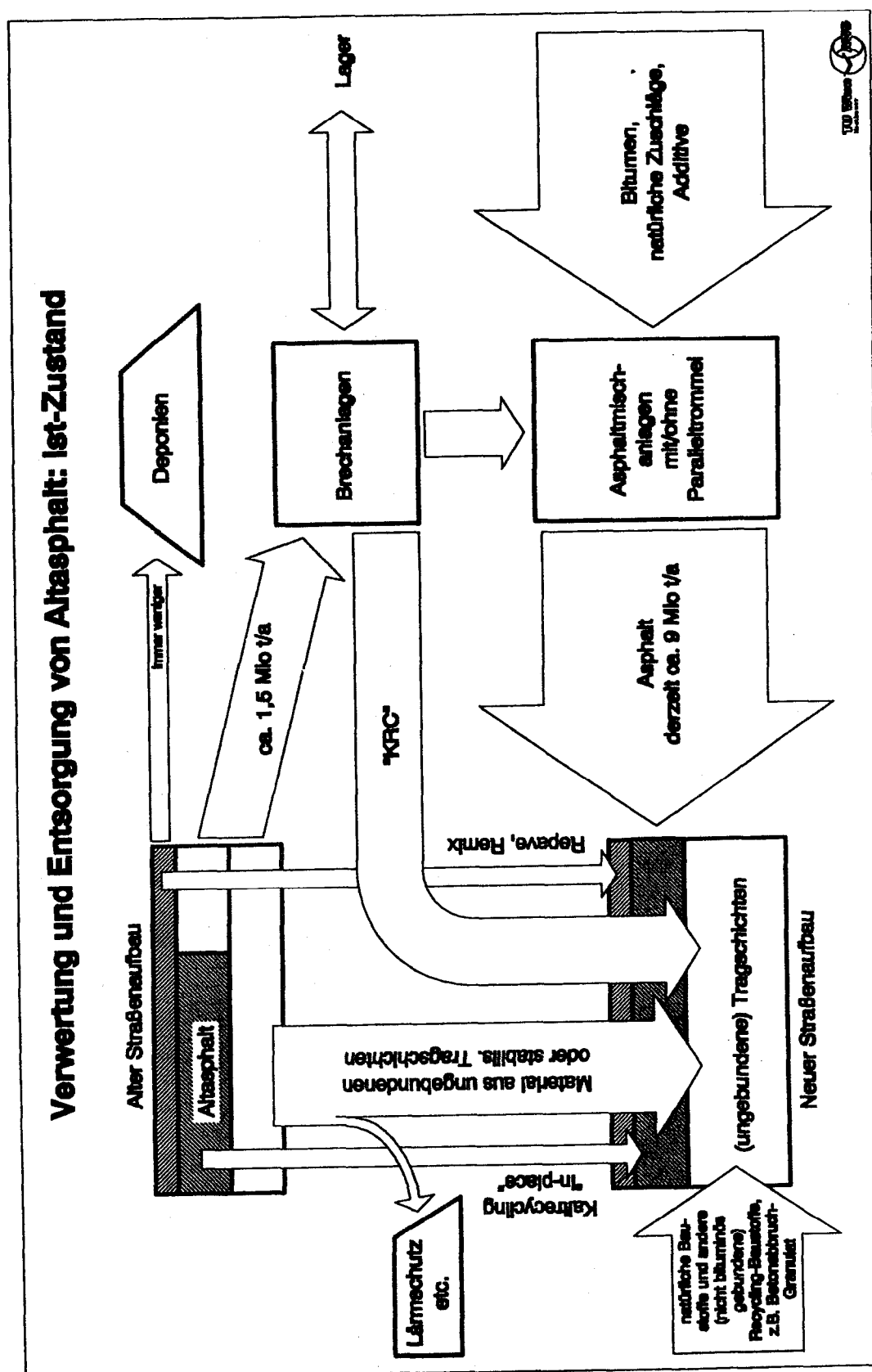
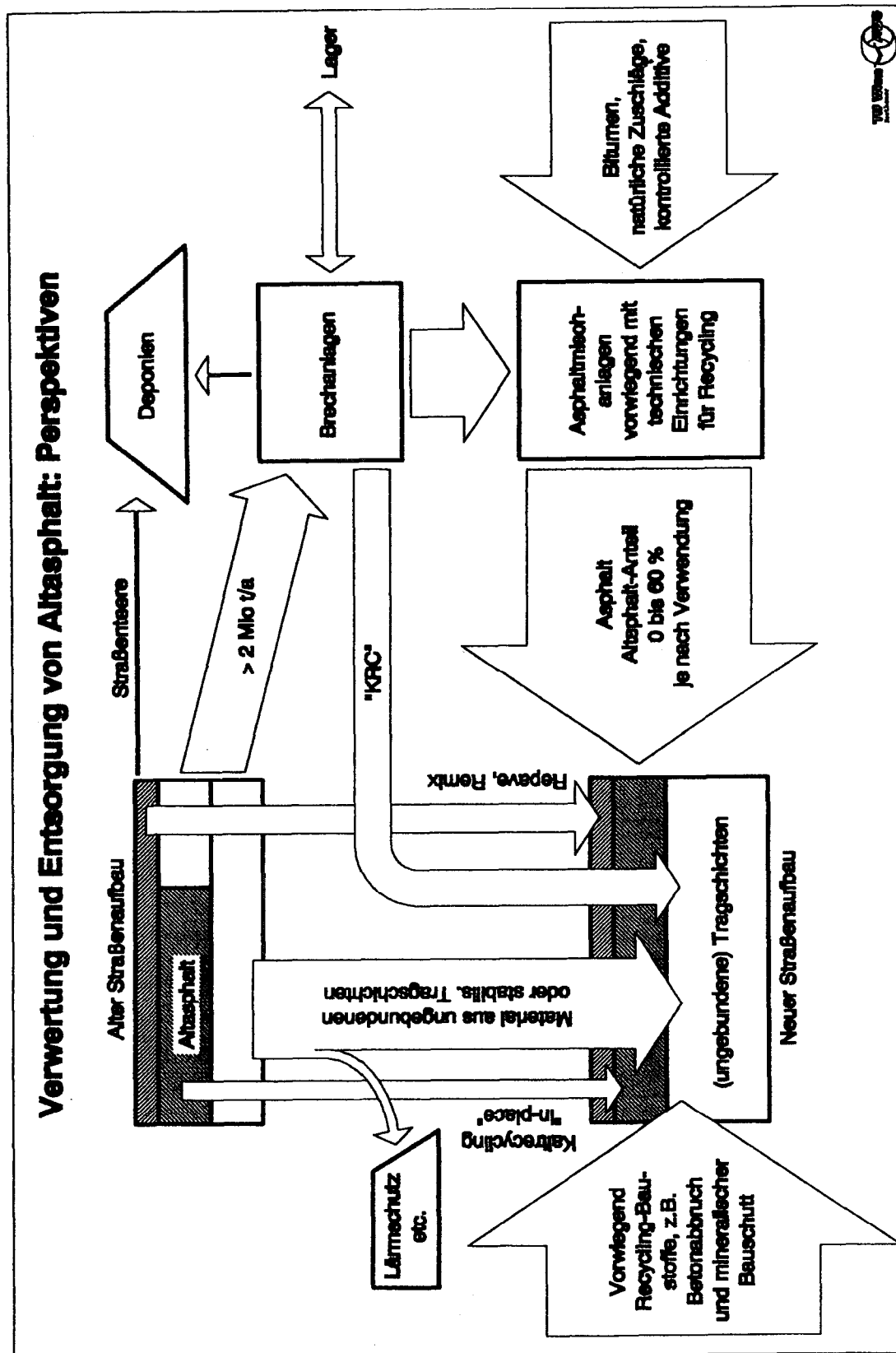


Abbildung 5:
Verwertung und Entsorgung von Altasphalt: Perspektiven



9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES

9.1 Förderungsprogramm und Besteuerung von Bitumen

Ziel abfallwirtschaftlicher Maßnahmen im Bereich "Altasphalt" ist ein kurz- und langfristig möglichst vollständiges "im-Kreislauf-Führen" des Bindemittels Bitumen und der durch dieses Bindemittel gebundenen Mineralstoffe.

Eine grobe Abschätzung des Bedarfes an Asphaltmischanlagen mit besonderen Einrichtungen für ein Recycling von Altasphalt ergibt, daß in Österreich etwa 20 - vielleicht auch mehr - Anlagen für ein rohstoffschonendes Recycling von Altasphalt fehlen (siehe Anhang C). Die Wirtschaftlichkeit des Asphalt-Recyclings wird derzeit aufgrund der ständig steigenden Deponiepreise und zusätzlich auch durch den Altlastensanierungsbeitrag erhöht. Dies gilt allerdings sowohl für eine Verwertung des Asphaltgranulates oder Asphaltfräsgutes auf kaltem Wege (z.B. "KRC") als auch für die höherwertige, volkswirtschaftlich sinnvollere Recycling von Altasphalt. Geht man von der in der Abbildung 2 (Anhang D) skizzierten Zielvorstellung aus, daß nur durch ein "heißes Recycling" in Asphaltmischanlagen und durch entsprechende Baustellenverfahren (Repave, Remix) die Rohstoffe Bitumen und Naturstein geschont werden können, dann folgt, daß zusätzliche, vom Deponiepreis annähernd unabhängige Steuerungsmechanismen erforderlich sind. Da es sich - wenn man von der Straßenteer-Problematik absieht - dabei nicht um die Abwehr akuter Gefahren durch toxische oder umweltgefährdende Schadstoffe handelt - wird empfohlen, sogenannte "sanfte Steuerungsinstrumente" einzusetzen. Ein Verwertungsgebot, daß einen Mindestanteil an Altasphalt im neuen Mischgut vorschreiben würde, erscheint problematisch, wenn man an die regional unterschiedlichen Mengenverhältnisse zwischen Altasphalthanfall und Mischgutbedarf denkt.

Theoretisch kann ein für den derzeitigen Altasphalthanfall ausreichendes Heißrecycling durch Besteuerung einschlägiger Rohstoffe oder durch Förderung einschlägiger Investitionen oder auch durch andere sanfte und flexible Steuerungsmechanismen erreicht werden. Aus energiepolitischer Sicht erscheint es dabei sinnvoll, nicht den Naturstein sondern das Bitumen - welches ja ein Kuppelprodukt fossiler Energieträger (Öl, Treibstoffe...) ist, zu besteuern. Bitumen unterliegt derzeit weder der Mineralölsteuer noch einer CO₂-Abgabe. Eine zumindest budgetneutrale Förderung von besonderen Einrichtungen zum Recycling von Altasphalt in Asphaltmischanlagen ist vermutlich möglich. Diese Vermutung wäre demnächst noch durch einen Wirtschaftsfachmann zu prüfen, wie auch die Möglichkeit, in dieser Weise auch Maßnahmen zum Lärmschutz, zum energiesparenden Betrieb und zur Luftreinhaltung von Asphaltmischwerken zu finanzieren.

Gefördert oder unterstützt werden sollten jedenfalls Investitionen für:

- Paralleltrommeln und Aggregate zur indirekten Erhitzung von Altasphalt
- Abgasreinigungssysteme, d. im Zusammenhang mit hohen Recyclingquoten erforderl. sind
- Silos zur Zwischenlagerung von erhitztem Altasphalt beim Heiß-Recycling
- Einrichtungen für eine energieschonende, trockene Zwischenlagerung von Altasphalt
- Kontroll- und Meßeinrichtungen zur Prüfung auf Teer-Inhaltsstoffe
- Einrichtungen für Repave und Remix

Dagegen sind im ländlichen Raum, im Güterwege- und Freilandstraßenbau vor allem "in-place"-Verwertungstechnologien zu fördern, sodaß eine Verringerung von Massenbewegungen (Rohstoff- und Abfalltransporten) erreicht wird.

Weiters wird die Errichtung einer unabhängigen staatlichen Prüfstelle für Straßenteere in Altasphalt empfohlen. Die Prüfstelle soll das Qualitätssicherungssystem sämtlicher Asphaltmischanlagen im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit von verarbeitetem Altasphalt überwachen und eine Abtrennung und sichere Ablagerung von teerhaltigem Straßenaufbruch fachlich unterstützen.

9.2 Weitere Möglichkeiten zur Vermeidung und umweltgerechten Verwertung

Öffentlicher Straßenbau

Bei Ausschreibungen sollte die Verwendung von Recycling-Baustoffen ausdrücklich zugelassen oder sogar verlangt werden. Einschlägige Erlässe im Bereich der Bundesstraßenverwaltung existieren bereits. Altasphalt (Anteil 20 bis 60 % im Mischgut) wird in der Regel für bituminös gebundene Tragschichten geeignet sein (Ausnahme Lastklasse 1).

Verwertung

Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen für eine Verwertung von Baureststoffen beim Straßenbau müssen geschaffen werden. Derzeit wird z.B. die Verwertung von Altasphalt und anderen Baureststoffen in Wasserschutz- und -schongebieten mit sehr unterschiedlichen Maßstäben bewertet. Im Extremfall kann es z.B. vorkommen, daß auch außerhalb von wasserwirtschaftlich sensiblen Zonen bei der Verwertung von Altasphalt im kalten Wege vom Sachverständigen immer eine "Überdeckung" gefordert wird. Teilweise hat auch die Verwechslung von Teer und Bitumen zu Mißverständnissen geführt.

Ablagerung

Eine Ablagerung von Straßenaufbruch ist in der Regel nicht sinnvoll. Ausnahmen bestehen dann, wenn der Straßenaufbruch durch Teer oder Unfälle kontaminiert ist oder wenn z.B. Straßenränder beim Fräsen von Altasphalt bedingt durch die Ausbautechnik nicht in verwertbarer Form - z.B. vermischt mit Erdaushub - anfallen. Es wird daher immer Altasphalt-Anteile geben, die vermengt mit anderen Baustoffen oder Erdaushub anfallen. Ein Verbot der Ablagerung von teerfreiem Altasphalt könnte daher wenig wirksam sein.

Altasphalt fällt nach der derzeitigen Auslegung des Altlastensanierungsgesetzes (ALSAG) unter die Kategorie "mineralische Baurestmassen" sodaß ab 1.1.1993 für jede angefangene Tonne ein Altlastenbeitrag von öS 40.- eingehoben werden muß. Dieser Beitrag wird 1995 auf öS 50.- und 1997 auf 60.- pro t erhöht; für die Kategorie "alle übrigen Abfälle" ist jedoch im ALSAG eine Erhöhung bis 1997 auf 120.- pro t geplant. Um nun auch den restlichen Anteil an teerfreiem Altasphalt möglich gering zu halten, wird empfohlen, spätestens 1997 - wenn das ALSAG in seinen Grundzügen bis dahin noch gleich geblieben ist - teerfreien Altasphalt in die Kategorie "alle übrigen Abfälle" einzustufen.

Eine Ablagerung von Altasphalt in Inertstoff- oder Baurestmassendeponien sollte jedoch grundsätzlich zulässig sein. Dies gilt nicht für teerhaltigen Straßenaufbruch. Straßenteer oder

teerhältiger Asphalt sollte (wie auch Teerpappe) in Deponien mit Sickerwassererfassung und -behandlung abgelagert werden; durch eine entsprechende Verdichtung kann dabei die Auslaugrate minimiert werden sodaß auch eine gemeinsame Ablagerung mit Restmüll zulässig sein wird.

Additive bei der Herstellung von Asphalt

Additive - z.B. Polymere - die bei der Herstellung von Asphaltmischgut verwendet werden, sollten in Zukunft im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit einer späteren Verwertung geprüft werden. Entsprechende Prüfkriterien und Prüfmethoden müssen noch entwickelt werden.

Straßenbautechnik: langzeitbeständige Straßenbeläge und -befestigungen

Neben den in Abschnitt 9.1 genannten abfallwirtschaftlichen Steuerungsinstrumente sind auch all jene Maßnahmen, welche die Langzeitbeständigkeit von Straßenbelägen und -befestigungen erhöhen, von großer Bedeutung. Eine Konsequenz der Errichtung langzeitbeständiger Straßen wäre z.B. auch die Verringerung von Versorgungs- und Entsorgungstransporten, welche auf den Straßenbau selbst zurückzuführen sind. Bei der Überarbeitung von einschlägigen technischen Richtlinien sollte daher der Aspekt der Dauerhaftigkeit der konstruktiven Elemente des Straßenaufbaues stärker als bisher berücksichtigt werden. Im Grundsatz sollte die Straßenbefestigung verstärkt werden.

Verkehrsplanung und -politik

Auch all jene Aktivitäten, die auf eine Verringerung des Verkehrsaufkommens - z.B. Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene - hinwirken, werden grundsätzlich auch die zu entsorgende Straßenaufbruch-Menge verringern. Ob auch ein Herabsetzen der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten eine Verringerung des Verkehrsaufkommens nach sich zieht und damit indirekt eine wesentliche Veränderung des Abfallaufkommens bewirkt, wäre durch Verkehrsexperten zu prüfen. Jedenfalls sollten die zulässigen Achslasten nicht erhöht werden; eine Verringerung der zulässigen Achslasten ist anzustreben (siehe Abschnitt 8.1).

Weiterer Informationsbedarf

Neben anderen Datengrundlagen für eine abfallwirtschaftliche Planung wären vor allem Angaben über Art, Mengen und Verbleib der in den ca. 200 österreichischen Asphaltmischanlagen umgesetzten Rohstoffe und Altstoffe erwünscht. Derzeit ist nicht einmal ein Adreß-Verzeichnis der Asphaltmischanlagen Österreichs verfügbar. Ebenso sollten Informationen über Brechanlagen (ca. 70 Anlagen) eingeholt werden.

10. LITERATUR

- APA (1990) Austria Presse-Agentur Journal Recycling Nr.3/19.1.1990.
- AUGUSTIN H. et al. (1992): Mechanische Stabilisierung aus Asphaltbrechgut. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung Heft 400.
- BANSCH M.(1990): Entsorgung und Verwertung von Straßenaufbruch. Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien.
- BAUER C.G., BAUER J.K., WENGER H.(1992): Sekundärrohstoff-Konzept für die Bauwirtschaft zur Lösung des Problems der Baurestmassen. Im Auftrag der Tiroler Handelskammer.
- BECKER, P. von (1989): Auswirkungen des Schwerverkehrs auf die Straßenbefestigungen. In: Bitumen 4/89, S.146-149.
- BEGERT A.(1990): Eluierung von Asphaltgranulat im Praxisversuch. Im Auftrag Teerag-Asdag. In: Informationsveranstaltung Baustoff-Rec. und Umweltschutz, BMWA, Wien, 1990.
- BELLIN P., TAPPERT A.(1992): Randbedingungen für den Einsatz von Fräsasphalt in Asphaltdeck- und Asphaltbinderschichten. In: Straße + Autobahn H.5/92, S.302-311.
- BILITEWSKI B., GEWIESE A., HÄRDTLE G., MAREK K.(1990): Bauschutt- und Asphaltrecycling. In: Beiheft Nr. 30 zu Müll und Abfall.
- BLUMENTHAL M.H. (1991): Using Scrap Tire Rubber in Asphalt. In: Biocycle 10/91, Vol. 32, pp. 47.
- ECKMANN, BOUSSARD, MÜLLER, ORBAN (1988): Polymermodifizierung von Straßenasphalt. In: Straßen und Verkehr 2000, Band 2, FGSV, Berlin, 1988.
- ERNST T.(1992): Umweltgerechte Entsorgung von Schlämmen aus dem Straßenunterhalt. In: Internat. Kongress für Umwelttechnologie und -forschung. "MUT", Basel, Oktober 1992.
- FEKTER M.(1992): Umweltgerechtes öffentliches Bauen in Österreich. In: RCL Interforum '92. Internat.Baustoff-Rec-Forum in Mayerhofen, April/Mai 1992.
- FLUSS P.J.(1978): Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Wiederaufbereitung von Asphalt in Heißmischanlagen in den USA. Bitumen 40 (1978) H.1, S. 22-26.
- FVGS(1983): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Merkblatt für die Erhaltung von Asphaltstraßen.
- FVGS(1985): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Merkblatt für die Erhaltung von Betonstraßen.

-
- FVGS(1991): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Merkblatt für Eignungsprüfungen an Asphalt. 5000 Köln, Alfred-Schütte-Allee 10.
- GALLENKEMPER B (1984): Anfall von Bauschutt und Straßenaufbruch - Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit. In: Recycling International. Hrsg.: THOME-KOZMIENSKY, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 1984.
- GLET W.(1991): Das Eluierverhalten von Phenolen aus teerhaltigem Straßenaufbruch. Bitumen 4/91 S.154-161.
- GOLWER A.(1992): Die Reinigungsleistung von Versickerungsbecken für Straßenabflüsse. ÖWAV - Symposium Straßenentwässerung und Gewässerschutz, Nov. 1992, Wien.
- GREGORI H., GREGORI M., KRZMIEN R., WALDHANS H.(1991): Untersuchungen über die Deponierfähigkeit von Altasphalt. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung Heft 390.
- GREGORI H.; FENZ G., KRZEMIEN R., WALDHANS H.(1992) : Hochstandfeste Tragschichten aus Straßenbaubitumen mit Faserzusatz. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung Heft 403.
- GRETZMACHER G.(1990): Zitat aus "Baustoff-Recycling: Aufstieg des Abfalls". Baujournal 3-4/90, S.14-16.
- GROSSHANS D.(1989): Wiederverwendung von Ausbaupasphalt. Bitumen 1/89, S.2-8.
- GUA (1987): Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallentsorgung: Entsorgung von Bau-restmassen und anderen, überwiegend mineralischen Abfällen im Bereich der Gemeinde Wien - Erhebung des Istzustandes und Vorschläge für ein Gesamtkonzept; im Auftrag der MA 48, Oktober 1987.
- GuVWS (1990): Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, BRD: Grundsätze für die umweltverträgliche Verwendung und Wiederverwendung von Straßenbaustoffen. Ausgabe: Dez. 1990.
- HEIDE W.(1991): Aufbereitung und Wiederverwertung von Straßenbaustoffen. Bitumen 3/91, S.129 ff.
- HINTSTEINER (1990): Wiederverwertung von Asphaltaufbruch - Möglichkeiten und Probleme. Baustoff-Recycling 2/90, S.4 ff.
- KISSER H., BAYER J.(1990): Aufbereitung von Altasphalt, Bauschutt, Bodenaushub und Restbetonabfällen. Seminar am Semmering, 5.-6.März 1990.
- KRZEMIAN R., WALDHANS H.(1992): Emulsionsstabilisiertes Asphaltgranulat. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung, Heft 401.
- KOLB H.(1984): Die Beurteilung von polymermodifiziertem Bitumen und polymermodifiziertem Asphalt im Laboratorium. Diss. an der Techn.Hochschule Darmstadt.

-
- KOPSCH H.(1992): Auswahlkriterien für Polymere zur Modifizierung von Bitumen: Alterungsverhalten. Bitumen 2/92 S.63-68.
- KRASS K., MESTERS K., KNAUBER M.(1988): Prüfung und Beurteilung der Umweltverträglichkeit von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen - neue Forschungsarbeiten. Internationale Straßen- und Verkehrskonferenz "Straßen und Verkehr 2000, Berlin, Sept. 1988.
- KRASS K.(1987): Umweltverträglichkeit von Asphalt. Offenbach: Deutscher Asphaltverband, 1987.
- KRASS K., MERKEL T.(1990): Elution von Asphaltgranulat und anderen bituminösen Ausbaustoffen. Straße + Autobahn 8/90, S.326-330.
- LANGER W.(1991): Verwendung von Aufbruchasphalt in ungebundenen Tragschichten. Bitumen 3/91, S.126-129.
- LITZKA J.(1992): Straßenbau. Studienblätter zur Vorlesung. T.U.Wien, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung.
- LITZKA J.(1993): Recycling von Straßenbaustoffen. Vortrag am GÖCH-Seminar "Recycling im Verkehrswesen", Gesellschaft österr. Chemiker, Wien, 1993.
- NEUMANN G. (1989): Erweiterte Möglichkeiten der Asphaltwiederverwendung in Tragschichten. Straße + Autobahn 10/89, S.388-391
- NEURURER H.(1992): Vorläufige Einstufung von vier Bitumenemulsionen in die Wassergefährdungsklassen und ihre ökotoxikologische Beurteilung. Im Auftrag der Berufsgruppe Bitumenemulsionen, Wien, am 21.April 1992, unveröffentlicht.
- NIEVELT S.(1988): Gedanken und Möglichkeiten für eine zielführende Abnahmeprüfung von Asphaltkonstruktionen bei Neuherstellung und Verstärkung. Internationale Straßen- und Verkehrskonferenz "Straßen und Verkehr 2000, Berlin, Sept. 1988.
- PEIER U.(1992): Wiederverwendung von Altsplitt aus dem Winterdienst. In: Internat. Kongress für Umwelttechnologie und -forschung. "MUT", Basel, Oktober 1992.
- PIETZSCH W.(1989): Straßenplanung. 5.Auflage. Werner Ingenieur Texte Nr.37. Werner Verlag GmbH, Düsseldorf.
- PEFFEKOVEN W.(1991): Grundsätze für die umweltverträgliche Wiederverwendung von Straßenbaustoffen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Asphaltstraßentagung 1991, Berlin, S.32-34.
- PENDRYS J.P. (1989): Bacterial Degradation of Asphalt Cement-20. Applied and Environmental Microbiology Vol.55, pp.1357-1362.
- SALM G.(1992): Wiederverwendung von Asphalt in einer Mischanlage. Mayreder-Zeitschrift, Wien, Nr.2/93, S.25-29.

-
- SCHELLENBERG K.(1992): Asphalt und Umwelt - ein Widerspruch ? Bitumen 3/92 S.104-107.
- SCHINDLBAUER H.(1991): Zur Frage der Emissionen beim Heißrecycling in place. Bitumen 3/91, S.112-113.
- SCHÜLER D.(1989): Entwicklungstendenzen in der Asphaltindustrie. Straße + Autobahn H.8/1989, S.291 ff.
- SIMM P.(1989): Die Herstellung einer hydraulisch gebundenen Tragschicht aus Aufbruchasphalt. Straße + Autobahn 6/89, S.211-214.
- TAPPERT A.(1990): Ausbauasphalt zwischen Deponie und Deckschichte - Technische und wirtschaftliche Grenzen der Wiederverwendung. Straße + Autobahn H.3/90, S.98-105.
- TOLKSDORF; EXNER M.(1992): Untersuchung einer Bitumenemulsion; Ermittlung der Wassergefährdungsklasse; im Auftrag der Berufsgruppe der Österreichischen Bitumenemulsionserzeuger. Hygiene-Institut Gelsenkirchen, am 16.Juni 1992, unveröffentlicht.
- WENDEHORST R.(1992): Baustoffkunde. 23. Auflage, C.R.Vincentz Verlag, Hannover.
- WINKLER H.(1990): Dünnschichtchromatographische Prüfung von Bitumen auf Teergehalte. Straße + Autobahn 6/90, S.246-247.
- ZENKE G.(1991): Stoffbestand und Verhalten von Straßenbaubitumen. Teil II (von 3 Teilen). Bitumen 2/91, S.58-68.
- ZIRKLER E., HÖDL F., M. KHAZAI-MOGHADAM (1990): Bewährung österreichischer LD-Schlacke im bituminösen Straßenbau. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung Heft 387.

ANHANG A: PRÜFMETHODEN ZUM NACHWEIS VON TEER IN ALTASPHALT

Für die Unterscheidung von teergebundenen Straßenbaustoffen und teerfreiem Asphalt stehen mehrere Prüfmethoden zur Verfügung. Die DIN 52.034 (Dezember 1980) "Nachweis von Teer in Bitumen" verwendet die Diazoreaktion von Benzoldiazoniumchlorid-Lösung als ersten, einfachen Prüfschritt. Wenn ein roter Niederschlag gebildet wird oder eine Rotfärbung eintritt, dann liegt Teer vor. Wenn der Nachweis undeutlich ausfällt, wird im etwas komplizierteren Anthrachinon-Test (Destillation; Oxidation mit Chromsäure) die Probe auf die Anwesenheit von Teer hin untersucht.

Die Fähigkeit von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen zur Fluoreszenz wird ebenfalls häufig im Labor zum Nachweis von Teer herangezogen. Der qualitative Nachweis gelingt dabei schon mit relativ einfachen Mitteln, z.B. Dünnschichtchromatographie (WINKLER, 1990). Die Dünnschichtchromatographie kann auch für einen halbquantitativen Nachweis von Teer in Straßenaufbruch verwendet werden.

Der Arbeitskreis Asphaltrecycling des Bundesmin. f. Wirtschaftl. Angelegenheiten hat im September 1990 ein Merkblatt "Prüftechnische Unterscheidung von Bitumen- und Teermischgut" herausgegeben. Das Merkblatt sieht die Prüfung von Altasphalt mit einem Teerschnellerkennungs-Prüfgerät vor. Dieses Gerät besteht im Wesentlichen aus einer Heißluftpistole zur Verflüchtigung von Teerbestandteilen und einer Ansaugpumpe. Im entstehenden Dampf kann mittels eines Gasspürgerätes (Dräger-Röhrchen) die Anwesenheit eines für Teer charakteristischen Inhaltsstoffes (o-Xylol) festgestellt werden. Teeranteile über 0,2 % - bezogen auf Altasphalt - könne mit dieser Methode nachgewiesen werden. Das Gerät liefert allerdings nicht bei jeder Witterung zuverlässige Teer-Nachweise, wenn im Freien gearbeitet werden muß.

Von der Arbeitsgruppe "Trinkwasserbelange" des Bundesgesundheitsamtes (BGA) in Berlin wurde eine Prüfmethode zur Beurteilung der Anwendbarkeit von Bitumen für die Auskleidung von Trinkwasserbehältern entwickelt. Bitumenbeschichtete Glasplatten werden 9 Tage lang in einem wassergefüllten Behälter gelagert. Für die Auskleidung von Trinkwasserbehältern ist das Bitumen nur geeignet, wenn pro Flächeneinheit Auslaugraten unter $0,0004 \text{ mg/m}^2$ und Tag für PAK erreicht werden (HINTERSTEINER, 1990).

Für die Klassifikation abzulagernder Abfälle verwendete Auslaugtests (z.B. ÖNORM S 2072) können ebenfalls prinzipiell für eine Überprüfung von Straßenaufbruch im Hinblick auf die Anwesenheit von Teer verwendet werden. Allerdings steht das Ergebnis in diesem Fall frühestens ca. 25 Stunden nach Probenahme zur Verfügung.

In jedem Fall kann ein Labortest für die Routineanalytik bzw. Qualitätskontrolle durch eine visuelle Kontrolle und einen Geruchstest (Teergeruch) bei der Übernahme von Altasphalt ergänzt werden.

ANHANG B: Bitumen-Verbrauch in Österreich

Bitumen-Gesamtverbrauch in Österreich (Firmenschrift SHELL AG):

1987	532.000 t
1988	502.000 t
1989	481.000 t
1990	538.000 t
1991	492.000 t

Die genannten Jahresmengen gelten für alle Bitumensorten inklusive Sonderbitumen. Der Anteil an Straßenbaubitumen an der Gesamtmenge beträgt zwischen 85 und 95 %. Die korrespondierende Asphalt-Menge beträgt ca. 10 Mio t/a.

Bitumen wird zu rund 2/3 im Straßenbau verwendet.

Tabelle 6:
Bitumen-Verbrauch in den Bundesländern
nach Angaben des Fachverbandes der Erdölindustrie, 1991

Bundesland	Menge (t)	Anteil %
Wien	45.000	9,1
Niederösterreich und nördliches Burgenland	115.000	23,4
Steiermark und südliches Burgenland	155.000	31,5
Kärnten und Osttirol	27.000	5,5
Oberösterreich	58.000	11,8
Salzburg	54.000	11,0
Tirol	26.000	5,3
Vorarlberg	12.000	2,4
Österreich	492.000	100,0

ANHANG C:**Mögliche Standorte von Asphaltmischanlagen mit Einrichtungen für ein Recycling von Altasphalt**

Für eine grobe Abschätzung des Bedarfes an Asphaltmischanlagen, die besondere Einrichtungen für ein Recycling beinhalten sollen, wurde angenommen, daß für eine Einwohnerzahl zwischen 100.000 und 200.000 Einwohner jedenfalls in städtischem bzw. relativ dicht verbautem Gebiet jeweils eine Asphaltmischanlage wirtschaftlich betrieben werden kann. Wie gesagt, handelt es sich dabei um eine grobe Abschätzung. Es wurde dabei berücksichtigt, daß die Entfernungen für den Transport des Altasphaltes (und frischen Asphaltes) nicht zu groß sein dürfen. Als Richtschnur für den Transport von Altasphalt wurde eine Entfernung < 30 km angesetzt.

Mögliche Anzahl, mögliche Standorte:

- Wien: 6 bis 8 Anlagen
- Großraum Graz: 2 Anlagen

Je eine Anlage für Städte > 100.000 EW oder für Städte > 50.000 EW mit Umlandgemeinden oder für Ballungsräume, bei denen mindestens 80.000 EW im Umkreis < 30 km in relativ dicht verbautem Gebiet leben, und zwar:

- Bregenz - Dornbirn
- Feldkirch - Bludenz
- Innsbruck
- Salzburg
- Klagenfurt
- Villach
- Liezen - Selztal - oberes Ennstal
- Leoben - Bruck - Kapfenberg - St. Michael
- Linz
- Wels
- Steyr
- Vöcklabruck - Attnang-Puchheim - Gmunden - Lambach
- St. Pölten
- Baden
- Mödling - Brunn - Breitenfurt - Perchtoldsdorf
- Wr. Neustadt - Neukirchen
- Tulln - Stockerau - Korneuburg

Derzeit existierende Standorte für Asphaltmischanlagen mit besonderen Einrichtungen für ein Recycling von Altasphalt:

- Wien-Strebersdorf
- Salzburg-Siggerwiesen
- Oeynhausen (nahe Baden bei Wien)
- Wr. Neustadt

-
- Nenzing (Bezirk Bludenz)
 - Anlage derzeit in Montage (Standort unbekannt)

Für ein volkswirtschaftlich sinnvolles Recycling fehlende Asphaltmischanlagen mit besonderen Einrichtungen für ein Recycling von Altasphalt: ca. 20 Standorte bzw. Anlagen

TU Wien

Inst. für Wassergüte und Abfallwirtschaft
o.Prof.Dr. Paul H. Brunner - A-1040 Wien



Abt. Abfallwirtschaft
Karteplatz 13/226.4

Wien, März 1993

Tel.: + 43 1 58 801 3196
Fax: + 43 1 504 22 34

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 31411

Bodenaushub

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. W. Stark

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

1. HERKUNFT	1
2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	1
3. ZUSAMMENSETZUNG (HAUPTBESTANDTEILE; KRITISCHE KOMponentEN).....	6
4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ	7
5. ABFALLMASSEN	7
6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN	9
7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG.....	10
8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN.....	10
9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES	15
9.1 Humus.....	15
9.2. Vermeidung und Entsorgung	15
10. LITERATUR	16

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen Schlüssel-Nr. 31411 "Bodenaushub"

1. HERKUNFT

Bodenaushub fällt bei fast allen Bautätigkeiten, wie der Verlegung von Ver- und Entsorgungsleitungen, Straßenbaumaßnahmen, Tunnelbau und der Errichtung von Wohn- und Geschäftskomplexen an.

Einerseits stammt der Bodenaushub aus weitgehend natürlichen, nicht verunreinigten oder durch Störstoffe beeinträchtigten Böden. Andererseits fällt aber auch Bodenaushub an, der bereits verwendet wurde (jedoch ehemals natürlich gewachsen) und diverse Störstoffe enthalten kann.

Neben der Kenntnis einer früheren Verwendung stellt auch die örtliche Herkunft hinsichtlich einer qualitativen Bewertung wesentliche "a priori" Kenntnis dar.

Da die Bezeichnung Bodenaushub nur für Material welches bei Bautätigkeiten anfällt verwendet wird, ist auch die Abgrenzung zum Berggesetz gegeben (Aufsuchen und Gewinnen mineralischer Rohstoffe; ÖSTERREICHISCHES BERGGESETZ § 2) (vgl. AWG §3 (3) Ziffer 3).

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Das Wort "Boden" bedeutet im Erdbau bzw. in der Bodenmechanik " jene äußere Deckschicht der Erdkruste, die den Untergrund der Bauwerke bildet und die sich auf die Gründung und deren Verhalten auswirkt. Diese Schicht bildet auch den Baustoff der Erdbauten. Sie besteht in der Mehrzahl der Fälle - nach geologischer Bezeichnung - aus sogenannten Lockergesteinen, die aus den zerkleinerten und verwitterten Teilchen der festen Gesteine aufgebaut sind (KEZDI, 1969)."

Abweichend davon sind der gegenständlichen Schlüssel-Nr. 31411 "Bodenaushub" grundsätzlich auch abgesprengtes festes Gestein und Tunnelausbruch zuzuordnen, auch wenn eine Abgrenzung zu "taubem Gestein" problematisch erscheint.

Abgrenzungsschwierigkeiten können sich weiters zu folgenden Schlüsselnummern ergeben:

- ölverunreinigte Böden.....S-Nr. 31423
- sonstige verunreinigte Böden S-Nr. 31424
- chemisch verunreinigter Bauschutt.....S-Nr. 31441

Anmerkung: Die Schlüsselnummer 31441 wird in der Informationsschrift Abfallarten der Ländergemeinschaft Abfall (LAGA-Informationsschrift) als "Bauschutt und Erdaushub mit schädlichen Verunreinigungen" bezeichnet. In Deutschland werden die Begriffe Erdaushub und Bodenaushub synonym verwendet.

In einigen Ländern der ehem. BRD wird der Bodenaushub weiter unterteilt:

- Hessen: Nicht verunreinigter/verunreinigter Erdaushub (HESSISCHES ABFALLWIRTSCHAFTS- UND ALTLASTENGESETZ) aber auch unbelasteter/belasteter Erdaushub (!) (ERSTE VWV ERDAUSHUB/BAUSCHUTT).
- Baden Württemberg (AMTSBLATT DES LANDES BADEN WÜRTTEMBERG): unbelasteter / verunreinigter Erdaushub. Der verunreinigte Erdaushub wird den Schlüsselnummern 31423 und 31424 zugeordnet:

Tabelle 1:
Definitionsschema für Erdaushub, Straßenaufbruch und Bauschutt

UNBELASTETER ERDAUSHUB (NR. 2.1.1) *)			Abfallschlüssel 31411
Erdaushub (Nr. 2.1.2)		Praktisch unbelasteter Erdaushub (Nr. 2.1.2 Buchst. a)	
	VERUNREINIGTER ERDAUSHUB (NR. 2.1.2)	Gering verunreinigter Erdaushub (Nr. 2.1.2 Buchst. b)	314 23 314 24
		Stärker verunreinigter Erdaushub (Nr. 2.1.2 Buchst. c)	

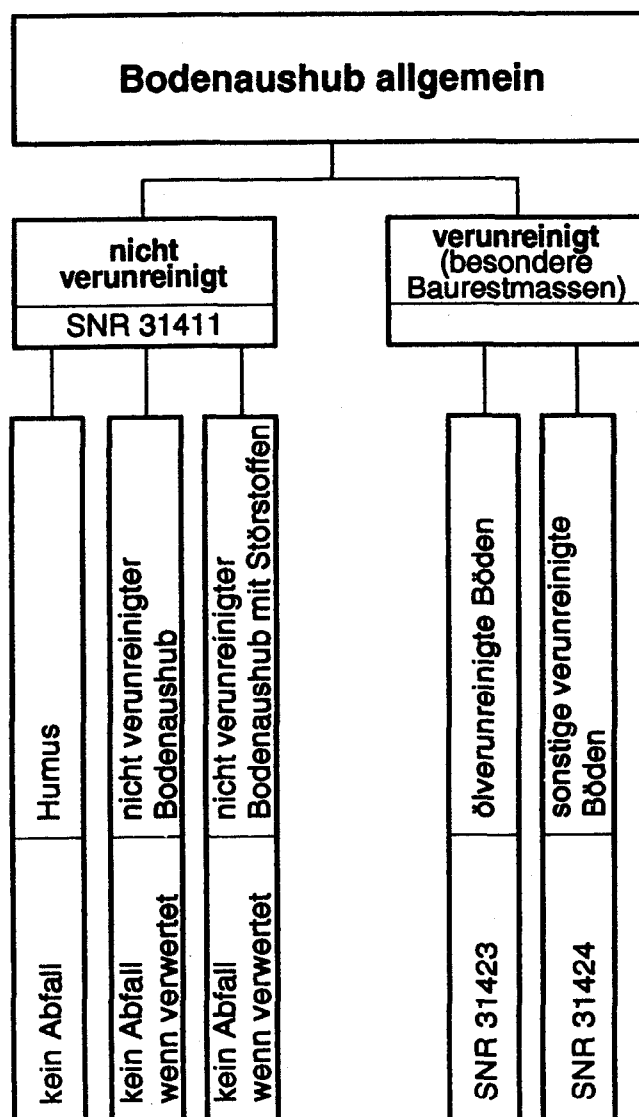
*) Numerierung gemäß Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg

Der Begriff **verunreinigt** wird im Zusammenhang mit Bodenaushub in den Schlüsselnummern 31423 (ölverunreinigte Böden) und 31424 (sonstige verunreinigte Böden) verwendet (wie bereits erwähnt, in Deutschland auch die Nr. 31441).

Da es nicht zielführend erscheint, "praktisch unbelasteten Bodenaushub" (vgl. Definitionsschema Baden-Württemberg) aus der gegenstelligen Schlüsselnummer auszugrenzen, wird die Bezeichnung **nicht verunreinigter Bodenaushub mit Störstoffen** als Teil dieser Schlüsselnummer vorgeschlagen (Begriff **Störstoffe**: siehe Seite 5)

Unter der Berücksichtigung, daß Humus als besonders schutzwürdiger Anteil besondere Beachtung finden sollte, ergibt sich folgende Struktur:

Abbildung 1:



Für die Zuweisung zu einer dieser Klassen stehen folgende Kriterien zur Verfügung:

- A-priori Kenntnis (Herkunft, Art des Abbaus, mögliche Verunreinigungen)
- Sicht- und Geruchskontrolle
- Eluatbeurteilung
- Gesamtgehalte von Stoffen (z.B. Schwermetalle) und Verbindungen (Kohlenwasserstoffe etc.).

Für Bodenaushub finden sich im wesentlichen zwei Definitionen:

1. "Unbelasteter Erdaushub" sind natürliche, in ihrer stofflichen Zusammensetzung nicht nachteilig veränderte Böden und Gesteine, die z.B. bei Baumaßnahmen anfallen.

Erdaushub gilt als unbelastet, wenn seine Herkunft bekannt ist und Verunreinigungen weder augenscheinlich noch geruchlich wahrnehmbar sind und wenn im Zweifelsfall bei begründetem Verdacht nach einer Untersuchung die Richtwerte nach Anhang 1 nicht überschritten sind.

Werden die Richtwerte nach Anhang 1 nicht überschritten, ist der Erdaushub nach objektiven Kriterien nicht als Abfall zu betrachten. Wenn begründete Zweifel an der Zusammensetzung und Herkunft des Erdaushubs bestehen, entscheidet die zuständige Behörde über Art und Umfang weitergehender Untersuchungen und nach der Bewertung der Ergebnisse über die Entsorgung.

Erdaushub mit geogen bedingten Belastungen muß einer differenzierten Betrachtung unterzogen werden. Mutterboden unterliegt den besonderen Regelungen des §202 des Baugesetzbuches (BauGB).

[Verwaltungsvorschrift für die Entsorgung von unbelastetem Erdaushub und unbelastetem Bauschutt, Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit]

2. Unter Erdaushub versteht man natürlich gewachsene oder bereits verwendete, jedoch ehemals natürlich gewachsene Böden und Gesteine (LEITFADEN ZUR BEHANDLUNG VON ERDAUSHUB, BAUSCHUTT, STRASSEN-AUFBRUCH).

Da auch bereits verwendete Böden in vielen Fällen durchaus nicht verunreinigt sind, sollte dieser Teil aus der zweiten Definition übernommen werden.

Begriffsdefinition:

Nicht verunreinigter Bodenaushub sind natürlich gewachsene oder bereits verwendete, jedoch ehemals natürlich gewachsene Locker- und Festgesteine, die in ihrer stofflichen Zusammensetzung nicht nachteilig verändert wurden und bei Baumaßnahmen anfallen.

Hydraulisch oder bituminös gebundene Anteile sowie substantiell veränderte Naturstoffe (z.B. thermisch behandelt, wie Zement, keramische Baustoffe etc., gelten nicht als natürlich gewachsen!

Mit dem Begriff wird auch **Mutterboden** oder Humus erfaßt, der üblicherweise auf Baustellen gesondert behandelt (gelagert und wiederverwendet) wird.

Unter **Mutterboden** versteht man die von Luft, Wasser, Humus durchsetzte, von Klein- und Kleinstlebewesen belebte, meist dunkel gefärbte und durchwurzelte Oberschicht des Bodens (HANDZIK, 1989).

Störstoffe sind optisch wahrnehmbare Stoffe, deren Vorhandensein sich nicht durch geogenen Einfluß sondern durch die Bautätigkeit erklären läßt. Die festgesetzten Eigenschaften und Konzentrationen der Schlüsselnummer "nicht verunreinigter Bodenaushub" sind selbstverständlich einzuhalten.

Störstoffe stellen für die Umwelt keine unmittelbare Gefahr dar, wirken aber bei der Verwertung aus bautechnischer oder sonstiger Sicht störend.

Enthält ein Aushubmaterial mehr als 5 Masse-% mineralischen Bauschutt (vor allem Ziegel, Beton) dann gilt dieses Aushubmaterial nicht als Bodenaushub im Sinne des Altlastensanierungsgesetzes (ALSAG). Folglich ist in diesem Fall bei der Ablagerung dieses Aushubmaterials der für "mineralische Baurestmassen" festgelegte Altlastensanierungsbeitrag zu entrichten.

Diese in einem Erlaß zum ALSAG festgelegte Grenze kann als vorläufiges Kriterium zur Unterscheidung zwischen "nicht verunreinigtem Bodenaushub" und "nicht verunreinigtem Bodenaushub mit Störstoffen" herangezogen werden.

Nicht verunreinigter Bodenaushub mit Störstoffen muß einer differenzierten Betrachtung unterzogen werden, vor allem bei der Verwertung in wasserwirtschaftlich heiklen Zonen.

Gleiches gilt für nicht verunreinigten Bodenaushub mit geogen bedingten Besonderheiten.

Verunreinigter Bodenaushub darf nicht unter dieser Schlüsselnummer subsummiert werden. Eventuelle Verunreinigungen, die durch den Aushub selbst entstehen, müssen selbstverständlich Berücksichtigung finden! (So ist eine Überprüfung des Materials auf die unten angeführten Grenzwerte gegebenenfalls auch nach dem Aushub vorzunehmen.) Ganz besonders betrifft das den Erdaushub mittels Sprengung! (z.B. Tunnelbau).

Bodenaushub unterliegt somit i.a. nicht dem objektiven Abfallbegriff, der im Österr. Abfallwirtschaftsgesetz §2 (2) 2. wie folgt definiert ist:

"Abfälle, deren Erfassung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse geboten ist. Die Erfassung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse kann auch dann geboten sein, wenn für eine bewegliche Sache ein Entgelt erzielt werden kann."

Bei Nichtvorliegen der Entledigungsabsicht (subjektiver Abfallbegriff) kann Bodenaushub daher als Wirtschaftsgut betrachtet und verwendet werden, etwa für landschaftsgestalterische Maßnahmen im Zuge eines Bauprojektes.

Für die Abgrenzung von Bodenaushub ("nicht verunreinigt") gegen die Abfälle "Ölverunreinigte Böden" (Schlüsselnummer 31423) und "Sonstige verunreinigte Böden" (Schlüsselnummer 31424) und "chemisch verunreinigter Bauschutt" (Schlüsselnummer 31441) bestehen keine Regelungen.

Eine sinnvolle Abgrenzung zwischen ölverunreinigten und nicht verunreinigten Böden ist über die Parameter Kohlenwasserstoffe gesamt, schwerflüchtige lipophile Stoffe und erforderlichenfalls auch über den Benzolgehalt des Bodens möglich.

Um die Anforderungen dieser Schlüsselnummer zu erfüllen, sind Grenzwerte für Material und Eluat desselben festzusetzen. Die Gehalte an Schwermetallen müssen jedenfalls unter den Bodengrenzwerten liegen (vgl. ÖNORM L1075). Da durch später erfolgende zusätzliche Belastungen die Bodengrenzwerte sofort überschritten würden, sollten jedoch niedrigere Werte vorgeschrieben werden. So wird empfohlen, die Werte für Problemelemente der ÖNORM S 2200 (Gütekriterien von biogenen Abfallstoffen), Kompostklasse I, zu übernehmen.

Weiters müssen bestimmte Schadstoffgehalte im Eluat begrenzt werden. Als Grundlage können folgende Richtwerte verwendet werden:

- Richtwerte zur Begrenzung der Schadstoffgehalte im Eluat für Inertstoffdeponien (LECHNER/MOSTBAUER, 1990)
- Eluatklasse 1b (ÖNORM S 2072)
- EG-Richtlinie 75/440/EWG-Gruppe A3G (EG-Richtlinie Nr. 75, zitiert in HANDZIK, 1989)
- Verordnung Hessen

Von KLOKE und EIKMANN wurden nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für Metallgehalte in Böden erarbeitet. Es handelt sich hierbei einerseits um "Bewahrungswerte", die die universelle Nutzbarkeit nicht verunreinigter Böden erhalten helfen sollen, andererseits aber auch um den Versuch einer Abgrenzung tolerierbarer von toxischen Metallgehalten bei Industriestandorten und anderen Nutzungsbereichen. Näheres dazu wird in der Studie zur Schlüssel Nr. 31441 "chemisch verunreinigter Bauschutt" vorzufinden sein.

In Deutschland ist ein Bodenschutzgesetz und eine "technische Anleitung Boden" (TA-Boden) in Vorbereitung, die einheitliche Regeln und Grenzwerte beim Umgang mit Bodenaushub enthalten wird. Das Bodenschutzgesetz wird voraussichtlich noch heuer (1993) verabschiedet; die TA-Boden folgt später (TÖPFER, 1992, zitiert in Baustoffrecycling und Deponietechnik 1/1993 Seite 33).

3. ZUSAMMENSETZUNG (HAUPTBESTANDTEILE; KRITISCHE KOMPONENTEN)

Der Bodenaushub besteht überwiegend aus geogenen mineralischen Materialien, jedoch können auch pflanzliche Stoffe, z.B. Wurzelreste, und antropogene Störstoffe, wie z.B. Rohrteile, Leitungsreste, Fundamente etc., enthalten sein.

In der bereits zitierten GUA Studie wird der Anteil an Schutt im Aushubmaterial (4.700.000) mit ca. 200.000t/a für Wien abgeschätzt. Das ergibt einen durchschnittlichen Störstoffgehalt von 4,3% des derzeit deponierten Erdaushubs. Allerdings ist zu erwarten, daß dieser Prozentsatz in weniger dicht besiedelten Gebieten deutlich geringer sein dürfte.

Böden lassen sich wie folgt unterteilen:

- Organische Böden, z.B. Mutterboden, Torf, Faulschlamm
- nicht bindige Böden, z.B. Sand, Kies
- bindige Böden, z.B. Ton, Löß, Lehm, Mergel
- vulkanische Lockergesteine, z.B. Tuff, Bims, Traß
- Gesteine, z.B. Eruptivgesteine, Gneis, Quarzit, Grauwacke, Sandstein, Kalkstein, Dolomitstein, Dachschiefer

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ

Bodenaushub weist feste Konsistenz auf.

Ein Gefährdungspotential kann sich aus den möglichen Verunreinigungen durch den Baubetrieb, sowie eventuell auch durch die Art des Abbaues (Sprengung etc.) ergeben. Kritische Komponenten können selten auch durch geogene Besonderheiten hervorgerufen werden.

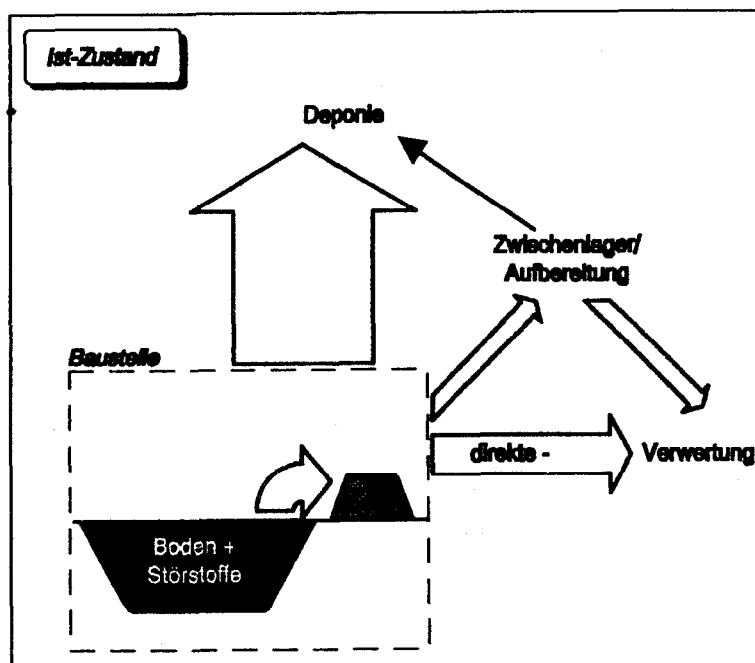
Eine weitere Beeinträchtigung kann von größeren Mengen leicht löslicher Gesteine ausgehen, wie z.B. Gipsstein, Kalkstein, Dolomit, die eine Aufhärtung des Grundwassers verursachen. Sulfidische Erze können lokal Schwefelsäure bilden!

Anmoorige und torfhältige Schichten können den Geruch, die Farbe und eventuell auch den Geschmack von Gewässern verändern. Manche Böden können auch von Natur aus Salze enthalten (z.B. Solontschak) Bodenaushub, welcher mit Fetten, Ölen, Säuren, Laugen und anderen chemischen Verbindungen verunreinigt ist, fällt nicht unter diese Schlüsselnummer (vgl. S-Nr. 31423, 31424 und 31441).

5. ABFALLMASSEN

Massenflüsse des Bodenaushubs:

Abbildung 2:
IST-Zustand



Die unterschiedlichen Pfeil-Dicken in Abb.2 und Abb.3 symbolisieren die Größenordnung der Massenflüsse.

Abbildung 3:
Perspektive für nicht verunreinigten Bodenaushub

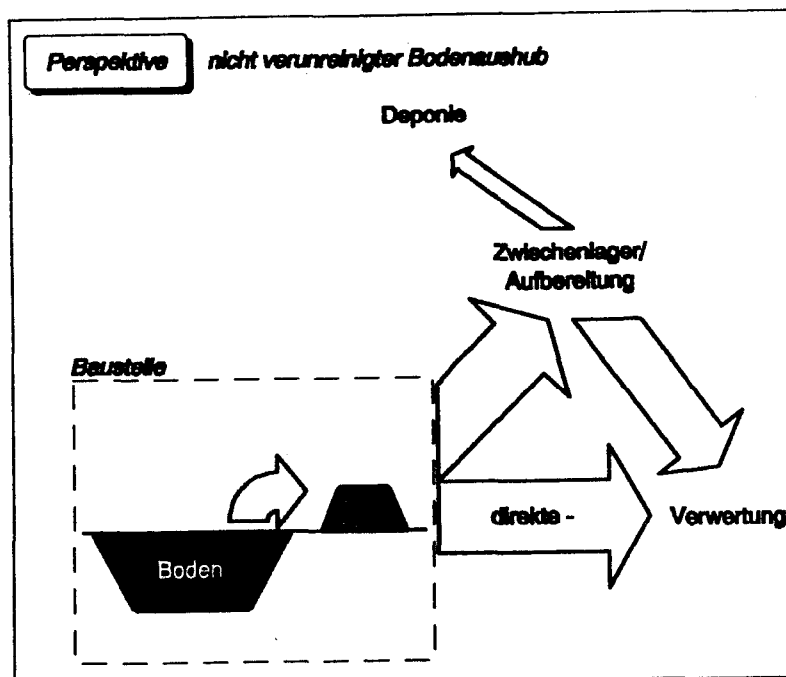
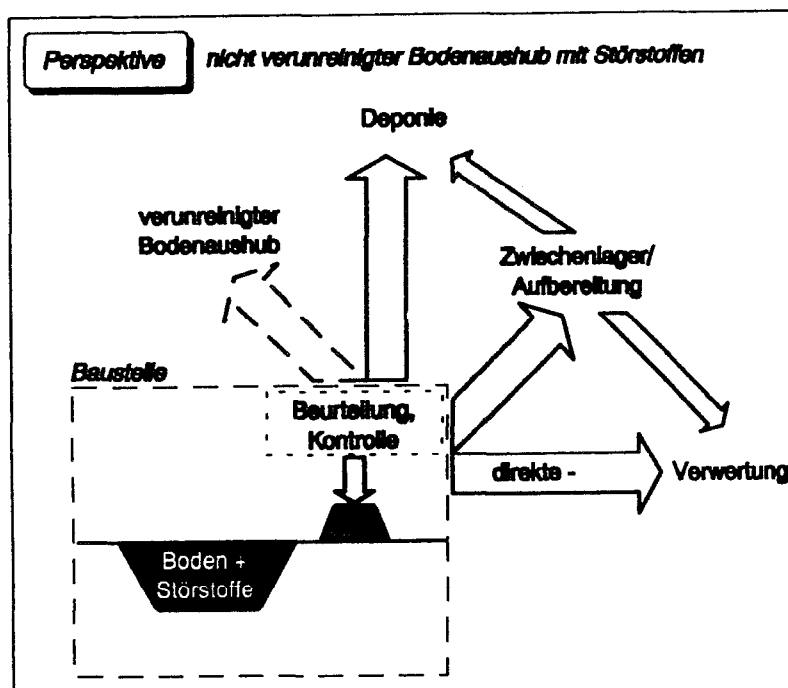


Abbildung 4:
Perspektive für nicht verunreinigten Bodenaushub mit Störstoffen



Die Masse des Bodenaushubs ergibt sich im strengen Sinne aus der Summe von deponiertem, zu anderen Baustellen verführtem und auf derselben Baustelle verwertetem Material sowie der Massenänderung etwaiger Zwischenlager.

Üblicherweise wird nur Material, das auf Deponien verbracht wird dem "Abfall Bodenaushub" zugeordnet. In vielen Fällen war es bisher jedoch schwierig, zwischen Deponierung und nutzbringender Anwendung zu unterscheiden.

Selbst die deponierten Bodenaushubmassen werden nur teilweise gewichtsmäßig erfaßt. So erfolgt oft eine Abschätzung des gelieferten Volumens bei der Deponie.

Was auf Deponien bisher als "Bodenaushub" registriert wurde, kann mehr oder minder große Bauschutt-Anteile sowie eventuell auch Asphalt und andere Baurestmassen enthalten. Nachträglich ist es nur schwer möglich, den tatsächlichen Bodenaushub-Anteil zu ermitteln.

Im Auftrag der Gemeinde Wien wurden von der Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung (GUA) zwei Studien durchgeführt. Hierbei wurden für den Bodenaushub folgende Werte abgeschätzt:

4,900.000 und 4,700.000 t/a

Bei einer Einwohnerzahl von etwa 1,53 Millionen in Wien ergibt sich ein Aufkommen von 3,07t/E,a. Linear auf Österreich umgerechnet ergebe das rund 23,000.000 t/a (7,55 Millionen Einwohner).

Zum Vergleich wurde in der BRD (1989) 2,71 t/E,a ermittelt, womit man bei einfacher Übertragung auf Österreich rund 20,500.000 t/a erhielte. (Zu diesen Daten vergleiche auch BANSCH, 1990)

Beide Schätzungen erfassen nur **deponierte Massen**.

KLUGER (1990) schätzt den anfallenden Bodenaushub auf nur 10,000.000 t/a.

Würde man auch jenen Bodenaushub berücksichtigen, der dem Massenausgleich dient, ergeben sich wesentlich größere Werte. Eine seriöse Schätzung ist derzeit nicht möglich (Zukünftig könnte dieses Datenmaterial auf Gemeindeebene erhoben werden, vgl. Behandlungsweg - Perspektiven dieser Studie!).

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN

Laut ÖNORM S 2100: Deponierung nach Konditionierung.

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZETIGE ENTSORGUNG

Ansätze zur Vermeidung werden vor allem ökonomisch motiviert durchgeführt. Da die Ablagerung und Beseitigung von Bodenaushub i.a. sehr billig möglich ist, muß der Anreiz für Überlegungen und Durchführungen von Vermeidungsmaßnahmen als sehr gering bezeichnet werden.

Die direkte Verwertung vor Ort durch Verfüllen von Baugruben sowie Anschüttungen (Terrassen etc.) sind durchaus üblich. Eine Verwertung von hochwertigem Material (Kies etc.) wird aus wirtschaftlichen Gründen weitgehend durchgeführt. Auch die Verführung über kurze Distanzen wird z.T. praktiziert, jedoch erfolgt die Vermittlung im wesentlichen nur innerhalb von Firmen oder durch (mehr oder weniger) zufällige Kontakte. So ergeben sich ständig Probleme, nicht nur anfallenden Bodenaushub zu entsorgen, sondern auch notwendiges Aushubmaterial zu bekommen. Dadurch bedingt wird nach wie vor ein sehr großer Teil des Bodenaushubs in Deponien verbracht, bzw. sogar "wild" in diverse Gräben verfüllt. Da die Ablagerung von Bodenaushub in den meisten Fällen sehr preiswert ist, ergibt sich kaum ein Anreiz nach einer Verwertung zu suchen, geschweige denn eine Aufbereitung des Materials durchzuführen.

Die Ablagerung von Bodenaushub in Hausmülldeponien widerspricht den Zielen des Abfallwirtschaftsgesetzes, im Speziellen dem §1 (1) Ziffer 3 und zum Teil Ziffer 2.

Durch den mangelnden Informationsaustausch ergeben sich notwendiger Weise auch unnötig lange Transportentfernungen.

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN

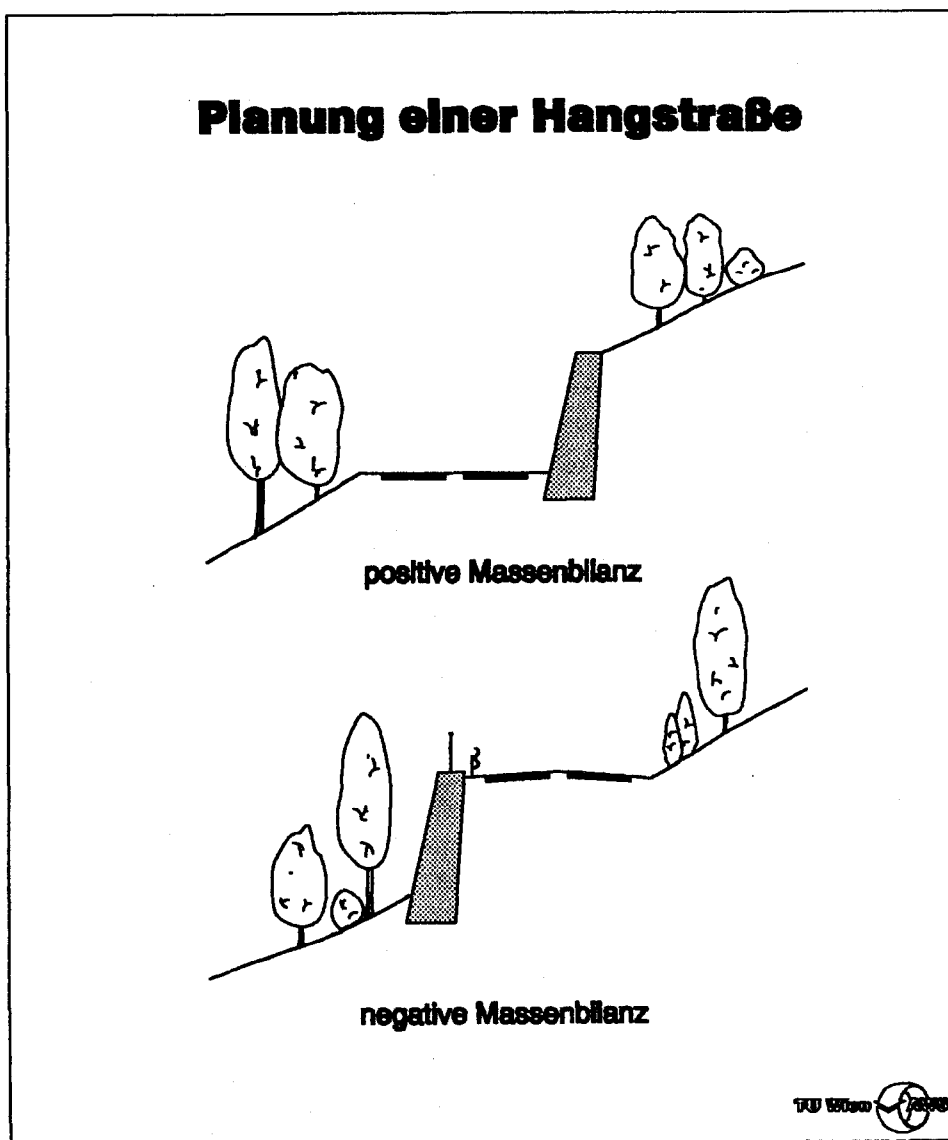
Eine Vermeidung des Aufkommens an Bodenaushub ist gleichbedeutend mit einem geringeren Aushubvolumen. Deshalb müssen Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenaushub bereits in der Planung von Bauvorhaben Berücksichtigung finden.

Einige exemplarische Vorschläge:

- Bei der Festlegung des Niveaus von Erschließungsstraßen wird bereits im Wesentlichen der folgende Bodenaushub vorgegeben.
- Das Niveau des Kellergeschoßes in Neubaugebieten bestimmt endgültig das dort anfallende Aushubvolumen
- Beim Wegebau ist bei der Ausführung von Einschnitten, Dämmen, Rampen etc. verstärkt auf einen Massenausgleich zu achten (Aus wirtschaftlichen Gründen wird dieser Punkt in zahlreichen Fällen schon jetzt gut erfüllt).

Die Abbildung 5 zeigt sehr anschaulich zwei diesbezügliche Extreme.

Abbildung 5:
Beispiel für die Planung einer Hangstraße



Für eine Wiederverwendung bzw. Verwertung von Bodenaushub ist die getrennte Erfassung und Lagerung desselben unumgänglich. Einen ersten Schritt in diese Richtung bildet die Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien (tritt mit 1. Jänner 1993 in Kraft). Diese sieht vor:

§1 (1) Wer die Ausführung einer Bau- oder Abbruchtätigkeit im Rahmen eines Bauvorhabens veranlaßt, hat aus den dabei anfallenden Materialien folgende Stoffgruppen zu trennen, sofern die nachstehend angeführten Mengenschwellen je Stoffgruppe überschritten werden:

Bodenaushub: 20 t, etc.

(2) Eine Trennung dieser Stoffgruppen (Abs. 1) hat entweder am Anfallsort oder in Behandlungsanlagen zu erfolgen. Die Trennung ist so vorzunehmen, daß eine Verwertung der einzelnen Stoffgruppen möglich ist.

Im Falle des Bodenaushubs ist selbstverständlich die Trennung möglichst am Anfallsort durchzuführen.

Um Möglichkeiten der Verwertung aufzuzeigen, muß wenigstens eine grobe Differenzierung nach der Art des Bodens erfolgen. Eine ausführliche Auflistung von Bodenwerten sowie deren Entsorgungs- und Verwertungsmöglichkeiten findet sich im Leitfaden zur Behandlung von Erdaushub für das Land Rheinland-Pfalz, 1988.

Spezielle Verwendungsbereiche einiger Stoffgruppen im Baubereich veranschaulicht die folgende Tabelle 2:

Tabelle 2:
Verwendungsmöglichkeiten

	Stoffgruppen	A	B	C1	C2	D1	D2	E	F	G1	G2	H
*)	Naturwerksteine, gebr./ungebr.; Materialien, Gleisschotter	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
*)	Kies, Sand	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●
*)	Sonst. mineralische Massen (z.B. bindige und verwitterungsempfindliche Stoffe)	●	○	●	○	○	○	/	/	/	/	/

*) Quelle: FG f. STRASSEN- u. VERKEHRSWESSEN, 1984

- A: Lärmschutzwälle
- B: Ungeb. Verkehrsfl. und Wegebau
- C1: Unterbau
- C2: Hinterfüllung und Überschüttung
- D1: Verfüllung von Leitungsgräben
- D2: Bodenverfestigung und Untergrundverbesserung
- E: Tragschichten ohne Bindemittel
- F: Hydraulisch gebundene Tragschichten
- G1: Tragschichten mit bitumin. Bindemitteln
- G2: Bit. Deck- und Binderschichten
- H: Betontragschichten

● Verwendung möglich ○ Verwendung bedingt möglich

Eine weitere Aufbereitung des Bodenaushubs vor Ort zu hochwertigerem Material ist sinnvoll für Kies, mit Abstrichen auch für Sande möglich.

Auch eine Vielzahl an Gesteinen rechtfertigt eine Aufbereitung, zumal deren direkter Wiederverwertung in der Regel sehr enge Grenzen gesetzt sind.

Die direkte Verwertung organischer Böden (Mutterboden) sollte massiv unterstützt werden, da diese belebten Böden von besonderer ökologischer Bedeutung sind! Eine gesetzliche Regelung, wie sie z.B. in Deutschland besteht, ist dringendst anzuraten.

Die große Masse der bindigen Böden sollte einer direkten Wiederverwertung zugeführt werden.

Der **Massenausgleich (direkte Wiederverwertung)**, d.h. die Verwendung des anfallenden Aushubs bei anderen baulichen Schritten stellt den Übergang von der Vermeidung zur Verwertung dar. Hierbei muß in erster Linie auf die Minimierung der Transportwege geachtet werden. Eventuell können geogene Besonderheiten eines Bodenaushubes das Verführen dieses Materials beschränken.

Besonders groß ist jedoch die Gefahr, daß gemeinsam mit dem Bodenaushub auch andere Abfälle beim Massenausgleich eingebracht werden! Ein Kontrollsystem müßte hier entwickelt werden!

Einige exemplarische Vorschläge:

- Bei Großbauvorhaben ist ein örtlicher Massenausgleich anzustreben
- Einrichtung einer Bodenaushubbörse
- Nutzung des Bodenaushubs für landschaftsgestalterische Zwecke in Neubaugebieten

Über gewisse Zeiträume kann eine **Zwischenlagerung** sinnvoll und notwendig sein, entsprechende Flächen müßten im Zusammenhang mit einer einzuführenden Bodenaushubbörse geschaffen werden.

Für die Zwischenlagerung sind entsprechende **Anforderungen** vorzuschreiben, eine zeitliche **Begrenzung der Lagerzeit** ist festzusetzen (vgl. HABfAG §3a (1): 5 Jahre).

Eine **genaue Erfassung** des Bodenaushubes ist derzeit nur schwer möglich, da im wesentlichen nur die deponierten Anteile exakt erfaßt werden. Andere Daten beruhen nur auf Schätzungen. Eine einigermaßen vollständige Erfassung kann auf Gemeindeebene mit der Angabe der Massenbilanz bei der Einreichung für Bauvorhaben durchgeführt werden. Abschätzungen über Angaben von Baufirmen ermöglichen regional eine Überprüfung der Aushubmenge (AG TECHNISCHER UMWELTSCHUTZ, 1993).

Durch die Berechnung der überschüssigen bzw. fehlenden Erdmasse kann dann schon rechtzeitig über ein **Informationssystem** ein Massenausgleich organisiert werden. Da auch ökonomische Aspekte für die **Minimierung der Erdtransporte** sprechen, dürfte mit einfachen, wenig umstrittenen Maßnahmen eine erste Reduzierung derselben erreicht werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch ein funktionierendes Informationssystem, das Anbietern und Nachfragern (zuständige öffentliche Körperschaft, Baufirmen, Privatpersonen) problemlos

zur Verfügung steht. Beispiele dafür finden sich z.B. in Hessen (Deutschland) und der Schweiz.

Sehr zufriedenstellende Ergebnisse und eine Zusammenfassung der Erfahrungen sind besonders von der Frankfurter Bodenbörse bekannt (SPATZ, 1993).

Aufgrund der Kenntnis der Bodenaushubmassen kann auch der Erfolg von Strategien zur Vermeidung beurteilt werden (**Erfolgskontrolle**).

Bezüglich der **Ablagerung** von nicht verunreinigtem Bodenaushub bestehen im Land Hessen sehr restriktive Vorschriften (HABfAG):

§3a "Deponieschonung"

(2) Soweit durch Schadstoffe nicht verunreinigter Erdaushub nicht verwertet werden kann, darf er ausschließlich auf im Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser Regelung zugelassenen Erdaushub- und Bauschuttdeponien abgelagert werden. Soweit entsprechende Deponien nicht zur Verfügung stehen, ist der Erdaushub zwischenzulagern.

(4) Abs. 2 Satz 1 gilt nicht für Erdaushubmengen, die für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung der Deponie benötigt werden.

Zusammen mit §2 Abs.3, wonach verschiedene Abfallarten auf einer Deponie nicht mehr zu verschiedenen Gebühren abgelagert werden dürfen, ist ein weiterer Druck in die Verwertung gegeben. Darüber hinaus kann eine erhöhte Ablagerungsgebühr erhoben werden, wenn Abfallwertstoffe so vermischt angeliefert werden, daß ein unverhältnismäßiger Aufwand zur Trennung notwendig wäre:

§2 (3) Werden verschiedene Abfallarten auf einer Deponie gemeinsam entsorgt, ist eine einheitliche Gebühr zu erheben. In Ausnahmefällen ist die Festsetzung höherer Gebühren zulässig. Eine höhere Gebühr ist auch dann zulässig, wenn der Abfallerzeuger Abfälle anliefert, die stofflich verwertet werden könnten, jedoch nur deshalb angenommen werden müssen, weil sie mit anderen Abfallstoffen so vermischt sind, daß sie ohne unverhältnismäßigen Aufwand nicht mehr getrennt werden können.

Teilweise haben diese Forderungen jedoch zu keiner Verbesserung der Situation geführt, da keine Vermeidungs- und Verwertungsstrategien entwickelt wurden (SPATZ, 1993).

Die **Ablagerung** von nicht verunreinigtem Bodenaushub auf Hausmülldeponien sollte, diesem Beispiel folgend, zukünftig untersagt werden (abgesehen von, für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung der Deponie notwendigem Bodenaushub). Die Einrichtung von Bodenaushubbörsen, Zwischenlager etc. muß jedoch diesem Schritt vorangehen und mit Nachdruck gefördert werden!

9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES

9.1 Humus

Bestimmungen für einen besonderen Schutz von Humus fehlen in Österreich. Derartige Maßnahmen sollen auf Länderebene mit Nachdruck angeregt werden. Eine bodenkundliche Definition für schützenswerten Humus muß als erster Schritt eingeleitet werden.

9.2. Vermeidung und Entsorgung

Die Vermeidung und Entsorgung von Bodenaushub kann nur auf regionaler Ebene zweckmäßig organisiert werden. Ein Ferntransport von Bodenaushub ist aufgrund der immens hohen Massen nicht möglich bzw. nicht zweckmäßig. Akteure des Bundes bzw. der Länder sind daher aufgerufen, die Bemühungen von Gemeinden bzw. Gemeindeverbänden um eine Vermeidung und Verwertung von Bodenaushub zu unterstützen. Insbesondere sollte die Errichtung vieler Bodenaushub-Börsen angeregt werden.

Vermeidung:

Leitlinien für die Gemeinden als erste Bauinstanz:

- Bei der Festlegung des Niveaus von Erschließungsstraßen wird bereits im Wesentlichen der folgende Bodenaushub vorgegeben.
- Das Niveau des Kellergeschoßes und die künftige Gestaltung des Grundstücks in Neubaugebieten bestimmt endgültig das dort anfallende Aushubvolumen.
- Beim Wegebau ist bei der Ausführung von Einschnitten, Dämmen, Rampen etc. verstärkt auf einen Massenausgleich zu achten (Aus wirtschaftlichen Gründen wird dieser Punkt in zahlreichen Fällen schon jetzt gut erfüllt).

Verwertung:

- Bei Bauvorhaben ist mit der Einreichung ein Plan für einen möglichst lokalen Massenausgleich vorzulegen.
- Anregung und Unterstützung zur Gründung von Bodenbörsen und den notwendigen Zwischenlagerplätzen.
- Information für die Möglichkeiten, Bodenaushub für landschaftsgestalterische Zwecke einzusetzen.

10. LITERATUR

ARBEITSGRUPPE TECHNISCHER UMWELTSCHUTZ: Abfallkonzept Baurestmassen Teil 1. Projektgebiet Neusiedl am See. Projektarbeit im Rahmen des Aufbaustudiums "Technischer Umweltschutz" an der TU Wien, 1993.

BANSCH M.: Entsorgung und Verwertung von Straßenaufbruch. Diplomarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Wien, 1990.

EG-Richtlinie 75/440/EWG-Gruppe A3G

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT f. STRASSEN- u. VERKEHRSWESSEN (Hrsg.): Merkblatt über die Verwendung von industriellen Nebenprodukten im Straßenbau. Teil: Wiederverwertung von Baustoffen (Entwurf). Köln, 1984.

Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden Württemberg; 27.9.1988 (36. Jahrgang), Nr. 2.1

GESELLSCHAFT FÜR UMWELTFREUNDLICHE ABFALLBEHANDLUNG: Wiener Baurestmassen, Erhebung der im Jahre 1988 deponierten Mengen. Im Auftrag der Gemeinde Wien, 1988.

HANDZIK K.H., Das neue Bauschutt-Merkblatt und dessen Auswirkungen auf die Praxis. In: Abfallwirtschaft 1, hrsg. v. WIEMER K., Kassel 1989.

HESSISCHES ABFALLWIRTSCHAFTS- UND ALTLASTENGESETZ - HAbfAG: Gesetz über die Vermeidung, Verminderung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen und die Sanierung von Altlasten in der Fassung vom 26. Februar 1991, geändert durch Sonderabfallabgabengesetz vom 26. Juni 1991, speziell: §3a(2)

KEZDI A.: Handbuch der Bodenmechanik. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1969, S.9.

KLUGER D.: Recycling von Baurestmassen - Technische Aspekte der Aufbereitung. In: Baustoff-Recycling und Umweltschutz. Hrsg.: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien 1990.

LAGA: Informationsschrift Abfallarten der Ländergemeinschaft Abfall

LECHNER P., MOSTBAUER P., Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen, hrsg. v. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie sowie Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, September 1990, Seite 8

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT DES LANDES RHEINLAND-PFALZ: Leitfaden zur Behandlung von Erdaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch, Juni 1988.

ÖNORM L 1075: Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Ausgewählte Richtwerte, Entwurf 1990.

ÖNORM S 2200: Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfallstoffen (Gründruck 1991).

ÖNORM S 2072: Eluatklassen, 1990.

ÖSTERREICHISCHES BERGGESETZ § 2.

SPATZ W., Beispiel Bodenbörse Frankfurt - Wirkungsgrad und Grenzen der Einsatzmöglichkeiten: Ein Erfahrungsbericht, in: 3. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, GALLENKEMPER et al., 74 - 80, 1993.

Verwaltungsvorschrift für die Entsorgung von unbelastetem Erdaushub und unbelastetem Bauschutt (Erste VwV Erdaushub/Bauschutt); Oktober 1990

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 31411

Bodenaushub

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. W. Stark

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

1.	HERKUNFT.....	1
2.	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN.....	1
3.	ZUSAMMENSETZUNG	2
4.	EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ.....	5
5.	ABFALLMASSEN.....	7
6.	ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN.....	9
7.	MÖGLICHKEITEN DER VERMEIDUNG; VERWERTUNG UND BEHANDLUNG SOWIE IST-ZUSTAND IN ÖSTERREICH	9
7.1	Ausbau, Abbruch und Zerkleinerung von Beton-Bauwerken	9
7.2	Verwertung	9
7.2.1	Verwertung im Autobahnbau in Österreich	9
7.2.2	Verwertung als Zuschlagstoff im Hochbau.....	11
7.2.3	Betontechnologische Voraussetzungen	11
7.2.4	Verwertung als ungebundener Baustoff bzw. zur Stabilisierung	17
7.2.5	Vermeidung und Verwertung von Restbeton	18
7.3	Anlagentechnik und Zerkleinerung von Betonabbruch.....	18
7.4	Ablagerung.....	18
8.	BEHANDLUNGSWEG: PERSPEKTIVEN	19
8.1	Vermeidung durch qualitativ hochwertige Betonoberflächen und Korrosionsschutz.....	19
8.2	Verwertung.....	20
8.3	Wiederverwendung von Bauelementen	20
8.4	Ablagerung.....	21
9.	EMPFOHLENE MASSNAHMEN.....	22
10.	LITERATUR; EINSCHLÄGIGE GESETZE UND VERORDNUNGEN	23

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen

Schlüssel-Nr. 31427 "Betonabbruch"

1. HERKUNFT

Betonabbruch stammt aus Bauwerken, die überwiegend aus Beton bestehen oder fällt bei der Trennung von Beton und anderen Baurestmassen - vorwiegend an der Baustelle - an. Große Mengen an Betonabbruch stammen aus Straßen und Autobahnen, die in den 50-er und 60-er Jahren in Betonbauweise errichtet wurden und jetzt oder in den kommenden Jahren saniert werden müssen. Im Hochbau ist im allgemeinen eine so hohe Nutzungsdauer von Bauwerken zu erwarten, daß derzeit der aus Totalabbrüchen stammende Betonanteil in der gesamten Abbruchmasse nur gering ist. Allerdings kann infolge Sanierung und Umbauten, z.B. bei Nutzbauten und Industrieanlagen, Betonabbruch in insgesamt nicht geringem Umfang erwartet werden.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Beton ist ein Gemenge aus Zement, Betonzuschlägen (Sand, Kies), Wasser und gegebenenfalls auch Betonzusätzen, das nach seiner Herstellung verformbar ist und nach einer gewissen Zeit erhärtet.

Aus dem Zement und dem Wasser bildet sich mit den feinsten ($< 2 \text{ mm}$) Kornfraktionen der Betonzuschläge und -zusätze der sogenannte **Zementstein**, der die groben Körner des Betonzuschlages umhüllt.

Als **Normalbeton** wird nach ÖNORM B 4200 Teil 10 Beton mit geschlossenem Gefüge und einer Frischbetonrohichte von 2000 kg/m^3 bis 2800 kg/m^3 bezeichnet. Betonabbruch besteht überwiegend aus Normalbeton, kann jedoch auch Leichtbeton enthalten.

Nicht als Betonabbruch im Sinne dieser Studie gelten Silikatbetone, Gasbeton (Ytong), Holzbeton und Faserzement (Eternit). Diese Stoffe weisen von Beton derart abweichende Festigkeiten und/oder Formate auf, daß eine Aufbereitung und auch Verwertung gemeinsam mit Beton nicht möglich ist. Asbesthaltiger Faserzement darf weiters nicht in Aufbereitungsanlagen zerkleinert werden; Holzbeton und die neue, asbestfreie Generation der Faserzemente unterscheiden sich durch ihren Holz- bzw. Zellstoffanteil von Beton.

Aufbereitete, verwertbare Baurestmassen können entweder aus sortenreinen Baurestmassen - im gegenständlichen Fall aus Betonabbruch - oder aus mineralischen, gemischten Baurestmassen gewonnen werden. Die Richtlinie für Recycling-Baustoffe des Österreichischen Baustoff-Recyclingverbandes unterscheidet zwischen **recycliertem gebrochenen Betongranulat (RB)**, **recycliertem gebrochenem Asphalt/Beton-Mischgranulat (RAB)** und **recycliertem gebrochenen Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein (RM)**. Dabei werden die Granulate im Wesentlichen durch ihren Hauptbestandteil und durch die zulässigen Zumischanteile unterschieden. Es wurden weiters in der Richtlinie für Recycling-Baustoffe 3 unterschiedliche Güteklassen (I / II / III) definiert (Zumischanteil bis 5 % / bis 12 % / bis 33 %).

Beispiel: Recycliertes gebrochenes Betongranulat (RB) der Güteklasse I darf maximal 5 % Zumischanteil beinhalten. Das bedeutet in diesem Fall, daß bis zu 5 Massenprozent Asphalt und natürliches Gestein (in Summe) im Granulat enthalten sein dürfen.

Als Baustoffe verwertbare Altstoffe werden in der Literatur häufig als Recycling-Granulate bezeichnet. Auch wenn es sich dabei nicht um ein "Recycling" im eigentlichen Sinn des Wortes handelt, wird der inzwischen weit verbreitete Begriff "Recycling-Granulat" auch im folgenden beibehalten.

3. ZUSAMMENSETZUNG

Beton besteht aus folgenden Ausgangsstoffen:

- a) Zement: üblicherweise Portlandzement, seltener Hochofenzement
- b) Betonzuschlägen ("Zuschlagsstoffen", "Zuschläge"): Sand, Kies sowie eventuell Recycling-Granulate
- c) (Anmach)wasser: Trinkwasser ist für die Betonherstellung stets geeignet, anderes Wasser nur dann, "wenn es keine Stoffe enthält, die das Erhärten stören oder die Korrosion der Stahleinlagen fördern könnten (z.B. Industrieabwasser oder Moorwasser)." (Text aus ÖNORM B 4200 Teil 10).
- d) Betonzusätze, diese sind:
 - Zusatzstoffe wie Steinmehl, Farbstoffe, gemahlene Hochofenschlacke, Traß oder Flugasche und flüssige oder
 - pulverförmige oder flüssige Zusatzmittel, welche in geringer Menge zudosiert werden, z.B. Fließmittel (=Betonverflüssiger) und Frostschutzmittel.

Um die für konstruktive Zwecke erforderlichen Festigkeiten zu erreichen, müssen bei der Herstellung von Beton normierte bzw. geprüfte Rezepturen eingehalten werden. Besonders wichtig ist dabei die Einhaltung höchstzulässiger W/Z (Wasser/Zement)-Quotienten und ein ausreichender Zementgehalt. Die ÖNORM B 4200 legt diese wichtigen Kennwerte fest und unterscheidet dabei folgende Festigkeitsklassen:

B 0, B 80, B 120, B 160, B 225, B 300, B 400, B 500 und B 600.

B 300 bedeutet, daß nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von mindestens 30 N/mm^2 erreicht wird. Beton dieser Festigkeit setzt sich z.B. folgendermaßen zusammen (Rezept für 1 Kubikmeter Beton als Beispiel):

Zement (PZ 275).....	340	kg
Wasser.....	170	kg
Verflüssiger	1 bis 2	kg
Sand, trocken 0/4 mm.....	997	kg
Kies, trocken 4/8 mm.....	432	kg
Kies, trocken 8/16 mm.....	451	kg

Nicht exakt definiert, aber häufig verwendet werden auch Begriffe wie "Magerbeton" und "Festigkeitsbeton". Der Marktanteil an "Festigkeitsbeton" ist relativ hoch; es überwiegen derzeit die Festigkeitsklassen B 225 und B 300.

Darüber hinaus gibt es auch Betone mit speziellen Anforderungen, z.B.:

- wasserdurchlässiger Beton
- frostbeständiger Beton
- Beton mit hohem Widerstand gegen chemische Angriffe
- Beton mit hohem Widerstand gegen mechanische Angriffe
- Sichtbeton
- Unterwasserbeton
- Pumpbeton

Seit ca. 15 Jahren werden in zunehmendem Maße auch Betonsorten mit sehr hoher Druckfestigkeit hergestellt. Man spricht auch vom Hochleistungsbeton. Diese Betonsorten können nur unter Zusatz höherer Mengen an Betonverflüssiger hergestellt werden, wie die folgende Tabelle zeigt. Die Auswirkungen dieser relativ hohen Dosierung an Betonverflüssigern auf eine zukünftige Verwertung bzw. Entsorgung sind nicht bekannt und sollten untersucht werden:

Tabelle 1:
Zusammensetzung von Hochleistungsbeton - internationale Beispiele

Bauobjekt		Joigny Bridge	La Lauren- Etienne Build.	Scotia Placa	Two Union Sqare
Standort	Einheit	Frankreich	Montreal	Toronto	Seattle
Wasser	kg/m ³	165	135	145	130
Zement	kg/m ³	451	500	315	513
Schlacke	kg/m ³	0	0	137	0
Silica fume	kg/m ³	0	30	36	43
Kies	kg/m ³	1030	1100	1130	1080
Sand	kg/m ³	745	700	745	685
Erstarrungsverzögerer	l/m ³	4,5	1,8	n.b.	n.b.
Betonverflüssiger(BV)	l/m ³	11,3	14	5,9	15,7

Datengrundlage: AITCIN, 1993

Betonverflüssiger (BV) werden auf der Basis von Ligninsulfonaten, Melamin-Formaldehyd-Harzen und unter Zusatz synthetischer Detergentien (Netzmitteln) hergestellt. Bei Kontakt von Betonsorten mit hohem BV-Zusatz können diese organischen Stoffe teilweise oder weitgehend ausgelaugt werden.

Die chemische und mineralogische Zusammensetzung der gewöhnlichen Betonsorten ergibt sich dagegen fast vollständig aus der Chemie und Mineralogie der Zuschlagsstoffe und aus den bei der Zementhydratation gebildeten Mineralphasen. Die Zementhydratation ist ein Vorgang, bei dem verschiedene, "hydraulisch wirksame" Mineralphasen mit Wasser reagieren. Beispielsweise an der Hydratation des im Zement enthaltenen Alites erkennt man, daß auch Calciumhydroxid gebildet wird:



Die pro Masseneinheit Beton resultierende Menge an Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ist dabei so groß, daß bei der Elution einer frischen Beton- und Zementmörtelprobe eine annähernd gesättigte Calciumhydroxidlösung gebildet wird (LECHNER et al., 1991, Seite 140 bis 144). Die sich daraus ergebenden Folgen für die Verwertung und Entsorgung von Betonabbruch werden in späteren Abschnitten näher besprochen.

Zusammensetzung: Für die Verwertung als Zuschlagsstoff relevante Eigenschaften

In der Tabelle 2 werden natürliche Zuschläge mit einem Granulat aus Straßenaufbruch (50 Jahre alte Betondecke aus Autobahn) verglichen:

Tabelle 2:
Eigenschaften von Recycling-Granulaten

	Natürlicher Zuschlag: Kalk oder Diabas	Recycling-Granulat: Straßenaufbruch (Beton)
Rohdichte	2700 bzw. 2800 kg/m ³	2400 bis 2500 kg/m ³
Wasseraufnahme(30 Minuten)	0,1 bis 0,2 %	ca. 2 %
Asphaltanteile	keine	2 bis 7 %
Chlorid gesamt	n.b.	0,04 %
Chlorid, eluierbar	n.b.	0,005 %

Daten: aus SOMMER (1992 a), gerundet.

Das durch die Salzstreuung in den Straßenbeton eingewanderte Chlorid wird übrigens teilweise als sogenanntes "Friedelsches Salz" chemisch gebunden. Daraus ergibt sich eine relativ große Differenz zwischen nach DIN 38.414 S4 eluierbarem und mit anderen Methoden bestimmtem Gesamt-"Chlorid".

Dichte von Betonabbruch. Mörtelanteile

Nach HANSEN (1992) bleiben bei mineralischem Bauschutt etwa 30 Vol.% des alten Mörtels an der Fraktion 16-32 mm haften; in der Fraktion 8-12 mm werden etwa 40 % und in der Fraktion 4-8 mm etwa 60 % bleiben. Die Fraktion < 4 mm enthält ca. 20 % Zementstein; die Füllerfraktion 0-0,3 mm kann bis zu 65 % Zementstein enthalten. Durch den großen Mörtelan-

teil im zerkleinerten Material kann bei mörtelhaltigem Ausgangsmaterial die Dichte des Recycling-Granulates um 5 bis 10 % geringer als die Dichte der entsprechenden ursprünglichen Betone sein.

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ

Die für die Ablagerung und/oder Verwertung relevanten Eigenschaften der Normalbetone (z.B. B 225/ B 300 oder B 400) lassen sich in wenigen Stichworten folgendermaßen zusammenfassen:

- Festigkeit, insbesondere Druckfestigkeit
- engporiges Gefüge
- alkalische Reaktion, d.h. "anorganisch"-alkalisches Eluat
- Eisenmetallgehalt bei nicht aufbereitetem Beton

Die Eluierbarkeit von Beton- und Mörtelproben wurde bereits in den "Fachgrundlagen zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt" (LECHNER et al., 1991; Seiten 140 bis 146 und 176 bis 180) ausführlich diskutiert. Vor allem bei jüngeren Beton- und Mörtelproben ist das alkalische Calciumhydroxid die dominierende Substanz in den Eluaten. Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) entstammt der Hydratation des Zementes, wird also bereits bei der Erhärtung des Beton aus Zement und Wasser gebildet. Die pH-Werte der untersuchten Beton-, Betonstein- und Faserzementproben bewegten sich im Bereich zwischen $\text{pH}=10,5$ und $\text{pH}=12,7$; die Leitfähigkeit von jungen Betonproben betrug ca. 150 bis 300 mS/m. Im Laufe der Jahrzehnte wird $\text{Ca}(\text{OH})_2$ allmählich mit dem Kohlendioxid der Luft bzw. der im Niederschlags- oder Grundwasser enthaltenen Kohlensäure reagieren (= Karbonatation). Dieser Vorgang kann allerdings auch zum Erliegen kommen, indem sich - z.B. bei Betonteilen im Wasser - an der Betonoberfläche ein undurchlässiges Silikatgel bildet.

Die organische Gesamt-Belastung (CSB, TOC) von Eluaten aus nicht kontaminiertem Beton ist eher gering; die Eluierbarkeit organischer Stoffe bei höherer Dosierung an Betonzusatzstoffen (z.B. Fließmittel) wäre zu untersuchen (siehe auch Tabelle 1).

Über das Verhalten von Betonen 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 (NISCHER, 1992).

Die Möglichkeit der Verwendung von Zement bei der Konditionierung bzw. Verfestigung anorganischer Abfälle - z.B. Müllschlacke - ist hinlänglich bekannt. Die Mobilität von Schwermetallen im Zementstein ist gering; es werden die Schwermetallionen durch Hydroxidbildung ausgefällt und zusätzlich wird der Transport an die Oberfläche durch das enge Porensystem sehr eingeschränkt (NISCHER, 1992).

Besonders beachtenswert ist, daß die Löslichkeit von Zink und Cadmium bei Anwesenheit von Zement sehr gering ist im Vergleich zu wäßrigen, alkalischen Medien ohne Zementzusatz (SPRUNG, RECHENBERG, 1988). Die Verwertung von Aschen aus Kohlekraftwerken (Zumahlstoff beim Mahlen des Zementklinkers) und von Altreifen (Ersatzbrennstoff), die derzeit in Österreich üblich ist, hat damit keinen Einfluß auf die Verwertbarkeit bzw. Ablage-

zungsmöglichkeiten von Betonabbruch und Mörtel haben. Man bedenke die in dieser Hinsicht auch relativ geringen zusätzlichen Frachten der Schwermetalle.

Betonabbruch im Straßenbau

Es sind bereits zahlreiche Beispiele aus der Praxis bekannt, bei denen Betonabbruch, der aus dem alten Straßenaufbau stammt, vor Ort wieder beim Bau der neuen Straßenbefestigung verwendet wurde. Obwohl bisher mit Ausnahme einer vorübergehenden Staub- und Lärmbelästigung keine nachteiligen Auswirkungen eines Verwertungs "in-place" bekannt wurden, kann nicht a priori ausgesagt werden, daß in jedem Fall eine Beeinträchtigung der Gewässergüte oder der Güte des Oberbodens ausgeschlossen ist. Eine Beeinträchtigung ist sehr unwahrscheinlich, wenn tatsächlich nur das dem jeweiligen Straßenbaulos entstammende Material verwertet wird (Ausnahme: gelegentlich vorzufindende, ehemalige Teerdecken). Die Deckschichten werden zwar in der Regel bestimmte verkehrsbedingte Verunreinigungen (z.B. Schmierstoffe, Chlorid) enthalten, spielen jedoch im Vergleich zur Gesamtmasse pro Flächeneinheit nur eine untergeordnete Rolle. Außerdem ist zu bedenken, daß die durch Windverfrachtung und Straßenoberflächenwasser transportierten Frachten wahrscheinlich größer sind als die eluierbaren bzw. auslaugbaren Frachten. Diesbezüglich gilt ein allgemein anerkannter Grundsatz des Gewässerschutzes im Verkehrswesen, der von GRIESINGER (1992) folgendermaßen formuliert wurde: *"Es gilt also hauptsächlich das Problem beim Schadstoffemittenten, vor allem dem mit fossiler Energie betriebenen Kraftfahrzeug und den Betriebsmitteln der Straßenerhaltung, hin zum schadstoffärmeren Verkehr zu lösen"*.

Anmerkung: Die Umweltrelevanz von Treibstoffverlusten - vor allem bei Tankstellen - wird in der Studie zu Schlüssel-Nr. 31441 "chemisch verunreinigter Bauschutt" behandelt.

Bei der Verwertung von Verwertungsbaustoffen im Straßenbau, welche nicht dem betreffenden Baulos entstammen, wird schon für eine Garantie der erforderlichen bautechnischen Eigenschaften eine sorgfältigere Qualitätskontrolle erforderlich sein. Auch im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit der Baustoffe ist ein Qualitätssicherungssystem zu errichten.

Beton aus Start- und Landebahnen von Flughäfen

Baurestmassen aus dem Bereich der Start- und Landebahnen und Manövriertflächen von Flughäfen können aufgrund der Notwendigkeit des Einsatzes von Auftaumitteln mit Salzen, Stickstoffverbindungen und Glykol belastet sein. Als landebahnspezifische Verunreinigungen, die im Boden und/oder im Grundwasser vorzufinden sind, nennen GOLWER et al.(1989) Ammonium, Nitrat, Nitrit, Calcium, Aluminium, Silizium, Cadmium, Zink, Propylenglykol und Diethylenglykol. Nach Flugzeugkatastrophen können ggf. auch Treibstoffe und Schaumlöschmittel in Belägen enthalten sein.

5. ABFALLMASSEN

Der Österreichische Recycling-Verband hat bei seinen Mitgliedern für das Jahr 1992 eine Gesamtmasse von 1,5 Mio t an Verwertungbaustoffen erhoben (pers.Mittlg., Hr.CAR). Nimmt man ein Massenverhältnis von Beton : Asphalt : andere Baustoffe von ca. 2:2:1 an, dann kann die von den Mitgliedern des Verwertungsverbandes hergestellte Betongranulat-Menge mit grob 600.000 t beziffert werden.

Von STEININGER (1993) bzw. vom GÜTEVERBAND TRANSPORTBETON in Linz, dem 213 der insgesamt 250 Transportbeton-Unternehmen in Österreich angehören, wird die als Zuschlag verwertbare Menge an Betonabbruch auf grob 300.000 t/a geschätzt (persönl.Mitteilung, Stand: Mai 1993).

Für das Jahr 1986 wurde für Wien die gesamte Abbruchschutt-Menge mit ca. 500.000 Kubikmeter und die Betonabbruch-Menge mit ca.200.000 t/a abgeschätzt (GUA, 1987). Die Daten basieren auf einer Umfrage bei 12 Bauunternehmen, die den Großteil der in Wien getätigten Abbrüche abdecken. Zusätzliche Abbrüche durch andere Unternehmen wurden auf "mindestens 10 %" geschätzt. Zu beachten ist, daß nur 6 der befragten 12 Unternehmen an der Umfrage teilnahmen. Eine Beschreibung der Methode der Hochrechnung fehlt allerdings in der GUA-Studie; die von der GUA angegebene Betonabbruch-Menge für Wien (200.000 t/a; Basis 1986) ist daher ebenso wie auch andere, derzeit in Österreich existierende Schätzungen relativ unsicher.

KUHNE (zit. in WILLKOMM, 1988) schätzt, daß bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der Betonbauwerke von 50 Jahren im Jahre 2020 in Europa jährlich ca. 660 bis 800 Mio t Betonabbruch anfallen werden. Unter Annahme einer Bevölkerungszahl von ca.600 Mio würde sich daraus ein spezifisches Betonabbruch-Aufkommen von über 1 t/ EW,a errechnen. Es ist jedoch zu bezweifeln, ob die von KUHNE getroffene Annahme einer durchschnittlichen Lebensdauer von Betonbauwerken von 50 Jahren richtig ist. Im Allgemeinen wird die Lebensdauer länger sein bzw. es kommt überhaupt zu keinen Abbruch innerhalb eines absehbaren Zeitraumes (z.B. massive Fundamente im Industriebau; Talsperren). Als Beispiel für die Langlebigkeit von Betonbauwerken mag die Sanierung einer 70 Jahre alten Betonbrücke dienen (Sanierungsbeispiel: MEYER, 1991). Der Beton der 1923 errichteten Brücke war nur wenige cm tief carbonatisiert und nicht durch Chlorid geschädigt. Fehlstellen wurden abgeschlagen und mit Spritzbeton ersetzt und schließlich beschichtet. Der Neubau wäre um das etwa Dreieinhalbfache teurer gewesen.

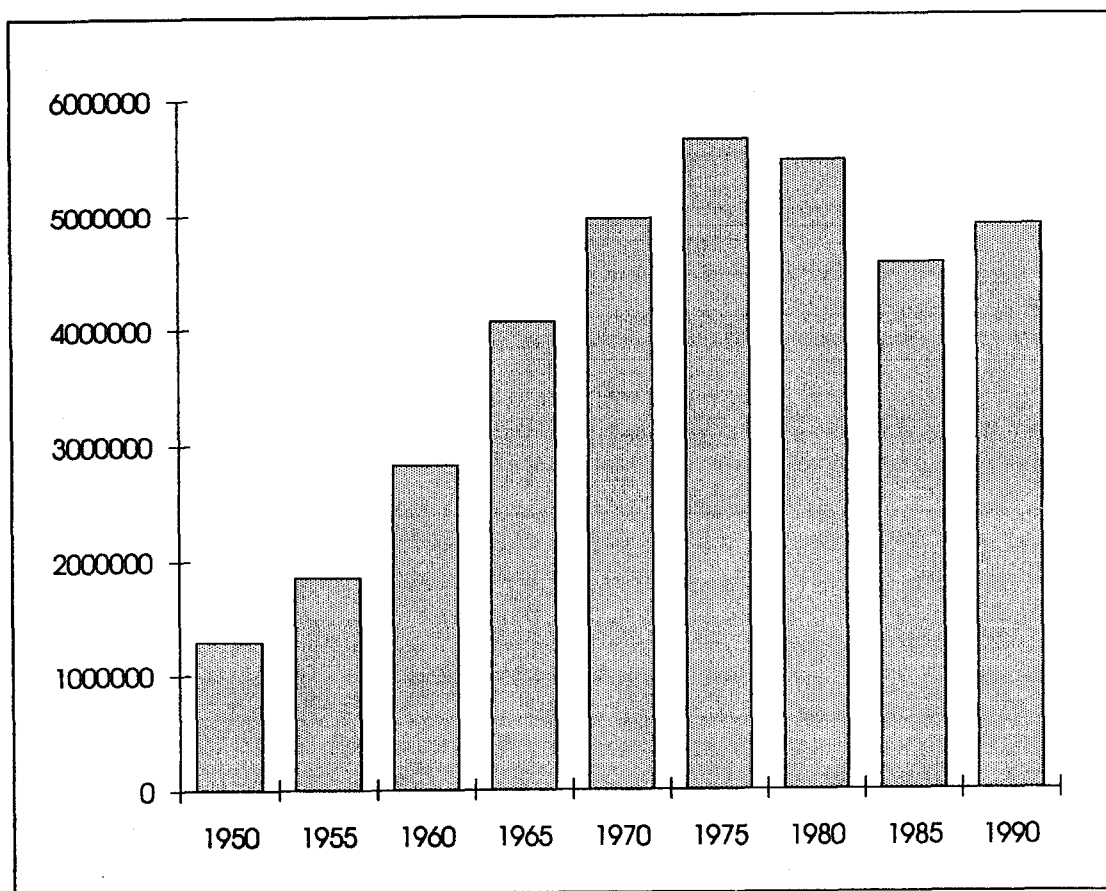
Wenn man berücksichtigt, daß die ersten kleinformatischen Betonfertigteile etwa um die Jahrhundertwende hergestellt wurden und erst nach dem ersten Weltkrieg Fertigteile - und zwar zunächst für den Tiefbau - in relativ großen Mengen erzeugt wurden, dann erscheint der Ansatz, aus dem Bauwerksbestand und der Häufigkeitsverteilung der Nutzungsdauer die Betonabbruch-Mengen abzuschätzen, generell wenig erfolgversprechend zu sein.

Es besteht jedenfalls ein Bedarf für weitere Erhebungen, z.B. durch die einschlägigen Fachverbände und durch Gebietskörperschaften. Die derzeitige, jährliche Abfallmasse kann unter Berücksichtigung der oben erwähnten Unsicherheiten auf rund 1,0 Mio t/a geschätzt werden.

Zement-Inlandsproduktion: Transportbeton-Statistik

Aufzeichnungen über die Zement-Inlandsprodukten seit 1950 wurden von BRUSATTI und HENNRICH (1987) zusammengestellt. Aus diesen Daten können zwar keine Betonabbruch-Massen ermittelt werden, andererseits sind sie aber zur Abschätzung des Verwertung-Potentialles (als Zuschlagsstoff) bedeutsam. In den letzten 4 bis 5 Jahren wurden in Österreich jährlich rund 5 Mio t Zement hergestellt; die importierte Menge betrug im Jahr 1992 270.000 t - der Export war vernachlässigbar klein. Ebenso war bis 1992 die importierte Menge - besonders vor der Öffnung der tschechischen, slovakischen und ungarischen Grenze - gering im Vergleich zur Inlandsproduktion. Die Entwicklung der Zement-Inlandsproduktion von 1950 bis 1990 wird in der Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1:
Zement-Inlandsproduktion in Österreich (t/a)



Daraus kann abgeschätzt werden, daß derzeit in Österreich pro Jahr rund 35 - 40 Mio t Beton (mindestens jedoch 25 Mio t/a) hergestellt werden. Von der gesamten Inlandsproduktion entfallen nämlich ca. 4 Mio t auf Silozement und ca. 1 Mio t auf Sackzement. Mehr als die Hälfte des Silozementes wird mittlerweile für die Herstellung von Transportbeton verwendet. Laut Statistik des GÜTEVERBANDES TRANSPORTBETON, dem 213 der etwa 250 Betonwerke Österreichs angehören, wurden 1992 in Österreich mindestens 7,74 Mio m³ Transportbeton erzeugt. Eine Schätzung, die auch jene Transportbeton-Werke einbezieht, die nicht Mitglieder dieses Güteverbandes sind, beläuft sich auf 9 Mio m³ (STEININGER, persönliche Mitteilung).

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN (GEMÄSS ABFALLKATALOGEN)

Laut ÖNORM S 2100 ist die Schlüssel-Nr. 31427 "Betonabbruch" nicht geeignet für chemisch-physikalische, biologische oder thermische Behandlung. In der Spalte "Deponie" befindet sich ein "K"- d.h. laut ÖNORM S 2100 ist eine "Konditionierung" erforderlich. In diesem Punkt ist eine Änderung der ÖNORM S 2100 anzustreben.

7. MÖGLICHKEITEN DER VERMEIDUNG; VERWERTUNG UND BEHANDLUNG SOWIE IST-ZUSTAND IN ÖSTERREICH

7.1 Ausbau, Abbruch und Zerkleinerung von Beton-Bauwerken

Die Forderung nach einer Bauweise, die einen einfachen, Verwertungsgerechten Rückbau bzw. eine Verwertungsgerechte Demontage ermöglichen wird, hat sich vor allem im Hochbau auch heute noch nicht durchgesetzt. Folglich wird sich der Abbruch von Beton-Bauwerken noch mindestens 30 Jahre lang meist schwierig und kostspielig, manchmal auch gefährlich - z.B. bei vorgespannten Bauteilen - gestalten. Die sortenreine Gewinnung von Betonabbruch aus dem Hochbaubereich kann sich außerdem wegen der zunehmenden Verwendung von Verbundbaustoffen schwierig gestalten. Trotzdem kann eine stufenweise Demontage, wie sie z.B. von PETZSCHMANN (1987) vorgeschlagen wurde, die separate Gewinnung von Fraktionen, die unterschiedlichen Verwertungs- oder Behandlungsschienen zugeleitet werden sollen, erleichtern.

Im Straßenbau ist ein lagenweiser Ausbau der Trag- und Deckschichten möglich, sodaß z.B. bei einer bituminösen Deckschichte, die auf einer Betontragschichte aufliegt, sowohl Asphalt als auch Beton getrennt erfaßt werden können.

7.2 Verwertung

Voraussetzung für eine Verwertung von Betonabbruch ist fast immer eine saubere Trennung des Betonabbruchs von anderen Baurestmassen schon beim Rückbau bzw. bei der Sanierung von Baulichkeiten. Dabei zeichnen sich im Wesentlichen zwei Verwertungsmöglichkeiten ab: Zum einen wird gebrochener Beton als Zuschlagsstoff für neuen Beton besonders im Straßenbau bereits in großem Umfang verwendet; die Qualitätsansprüche sind in diesem Fall auch von bautechnischer Seite her gesehen hoch. Weiters besteht die Möglichkeit, möglichst viel Betonabbruch auch in jenen Fällen zu verwerten, in denen die Verwertungbaustoffe eine etwas geringere Qualität aufweisen dürften. Auch dieser Weg wird in Österreich in stark zunehmendem Maß beschritten.

7.2.1 Verwertung im Autobahnbau in Österreich

Bei der Bundesstraßenverwaltung besteht derzeit die Absicht, für Autobahnabschnitte, die in Betonbauweise errichtet wurden und jetzt oder in den kommenden Jahren sanierungsbedürftig sind, nur solche Instandsetzungsmethoden zu bewilligen, bei denen im Tiefeinbau die anfallenden Baurestmassen zu 100 % verwertet werden (persönl. Mitteilung durch Hr.Dr.JADERNY, Sektion VI, BMWA). Dies kann durch Bundesbehörden derzeit freilich nur insoweit vollzogen werden, als die Formulierung von Ausschreibungen und die Vergabe von Autobahn-Baulosen

im Verantwortungsbereich des Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten liegt. Unter bestimmten Voraussetzungen können die Aufträge durch die österreichischen Landesregierungen vergeben werden, vor allem wenn die Auftragssumme unter 100 Mio öS liegt.

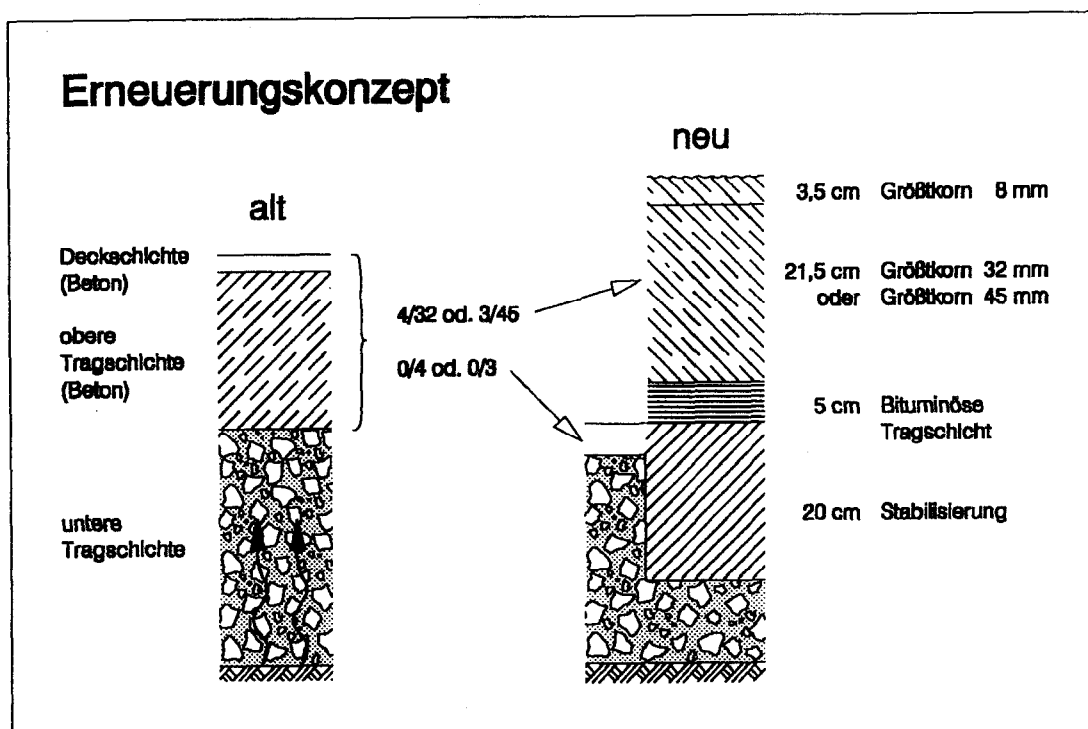
Derzeit ist von der Sektion VI z.B. für das Baulos Eugendorf der Westautobahn bei Salzburg eine Sanierung unter vollständiger Verwertung der alten Betondecke vorgesehen. Für weitere Bauabschnitte, bei denen noch keine Ausschreibung erfolgte, wird ebenfalls eine 100 % ige Verwertung gefordert. Parallel dazu wird in Wien eine Teststrecke (Gablenzgasse) mit dem beim U-Bahn-Bau am Europaplatz ausgehobenen Beton gebaut.

Die Technologie der Verwertung von Straßenbeton ist in Österreich dank der Bemühungen der für den Straßen- und Autobahnbau verantwortlichen Stellen weit fortgeschritten; besonders die bei der Sanierung des Autobahnabschnittes Mondsee-Thalgau gewonnenen Erfahrungen haben die praktische Umsetzbarkeit eines Beton-Verwertungs im Straßenbau nachgewiesen. Für die Sanierung des Autobahnabschnittes Mondsee-Thalgau wurden 1989 und 1990 die technologischen Voraussetzungen auf Versuchsstrecken der Tauernautobahn geschaffen. Schließlich wurde in den Jahren 1991 und 1992 der Autobahnabschnitt Mondsee-Thalgau mit einer Länge von ca. 10 km saniert:

Beispiel: Sanierung der Westautobahn im Abschnitt Mondsee-Thalgau:

Die aus den Jahren 1957/58 stammende Betondecke lag auf einem Sandbett. In den Oberbau aufgestiegene Feinanteile führten zu einer Verlehmung der Frostschutzschicht, sodaß die Frostsicherheit nicht mehr gegeben war. Das Konzept der Erneuerung wird in der Abbildung 2 dargestellt (SOMMER, 1992 a, WAGNER, 1992):

Abbildung 2:



Nach dem Brechen mit einer Prallmühle wurde der Grobsplitt 4/32 abgesiebt und gewaschen. Das Waschwasser wurde mit dem trockenen Brechsand 0/4 mm vereinigt, sodaß es nicht entsorgt werden mußte.

Die Fraktion 0/4 wurde auf die alte Frostschutzschicht aufgebracht und 20 bis 25 cm tief mit Zement vermischt und vermörtelt. Darauf wurde eine 5 cm starke, bituminöse Tragschicht aufgebracht. Der Grobsplitt 4/32 aus dem gebrochenen Beton wurde vollständig in die Tragschicht (den Unterbeton) eingebaut. Der Oberbeton wurde schließlich mit natürlichen Zuschlägen hergestellt.

Gegenüber vergleichbaren Bauweisen unter Verwendung von Primärrohstoffen ergab sich eine Kostenminderung um ca. 7 %. Zusätzlich wurde durch die Verwertung sämtlicher Baurestmassen ein Abfallaufkommen von mehr als 200.000 t vermieden (mehr als 20.000 t/km Autobahn).

7.2.2 Verwertung als Zuschlagstoff im Hochbau

Aus betontechnologischer Sicht ist durchaus auch eine Verwertung von Betonabbruch als Zuschlagsstoff im Hochbau bzw. bei der Herstellung von Betonprodukten außerhalb des Straßenbaues möglich (siehe auch Abschnitt 7.2.3). Untersuchungen zur Verwertbarkeit von Betonabbruch aus Hochbaurestmassen wurden in Österreich unter anderem unter der Anleitung von Prof. W. LUKAS am Institut für Baustofflehre und Materialprüfung (Universität Innsbruck) durchgeführt. Inzwischen wurden bei einem Kiesunternehmen im Bundesland Salzburg zu Demonstrationzwecken ein Büro- und Betriebsgebäude in verschiedener Form und Gestaltung errichtet. Von diesem Unternehmen durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, daß bei entsprechender Verschneidung (z.B. 40 % Verwertungsgranulat + 60 % Naturzuschlag) ein qualitativ hochwertiger Beton erzeugt werden kann (DEISL, 1993).

Ein Betonsteinwerk in Niederösterreich wird demnächst bei der Produktion auch Betonabbruch aus dem Hochbau - ggf. im Gemenge mit Ziegelsplitt - verwerten. Über erste Erfahrungen mit der Herstellung des neuen Produktes wird im Herbst 1993 an der "UTEC" in Wien berichtet werden.

7.2.3 Betontechnologische Voraussetzungen

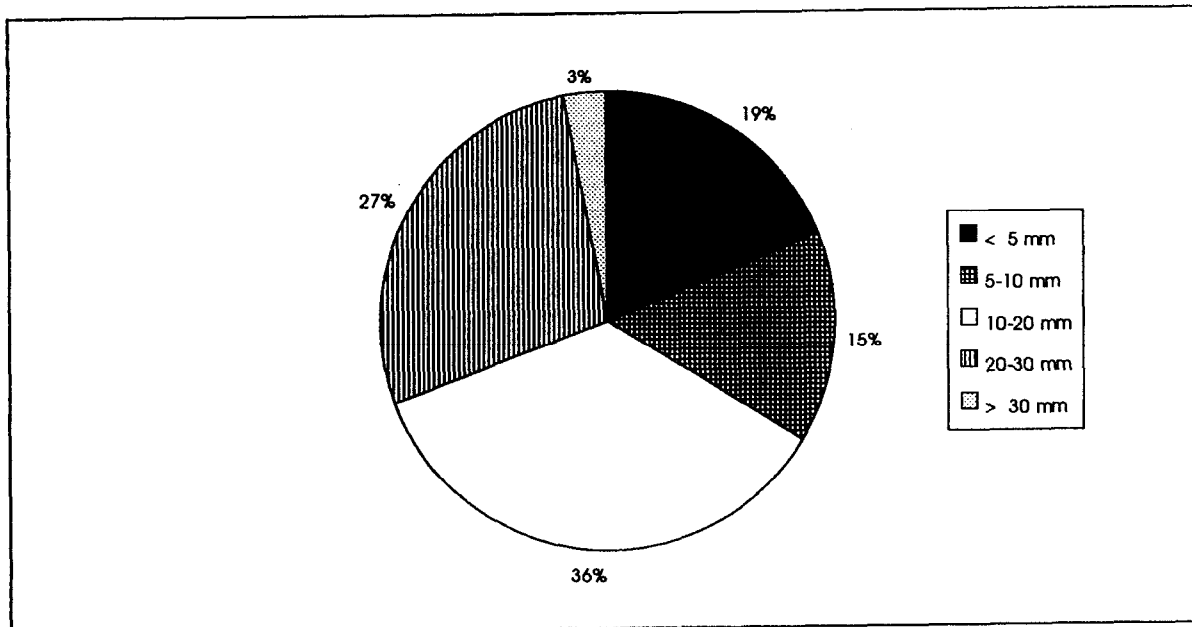
Allgemeine betontechnologische Voraussetzungen zur Verwertung als Zuschlagsstoff im Hoch- und Tiefbau

Sowohl im In- als auch im Ausland liegen für die Anwendung von Betongranulat im Tiefbau bereits zahlreiche Ergebnisse und Erfahrungen vor. Auch die Herstellung von Konstruktionsbeton ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich.

Zuschlagstoffe für Beton können durch Brechen sortenreiner Baurestmassen oder auch in Sortieranlagen aus mineralischem Bauschutt gewonnen werden. Beide Möglichkeiten wurden schon in der Praxis erprobt; letzten Endes dürfte sich die Verwertung "reiner" Betongranulate vor anderen Recycling-Granulaten durchsetzen. Unbewehrter und bewehrter Beton kann in verschiedenen Brechertypen so gebrochen werden, daß eine akzeptable Korngröße und -form erhalten wird. Einmaliges Brechen liefert eine Kornverteilung die häufig nahe der Fuller-Kurve liegt; Probleme bei der Zerkleinerung und Aufbereitung von Betonfahrbahnen mit relativ starrer Bewehrung wurden bereits größtenteils überwunden.

Beim Brechen von Beton wird stets auch ein Feinanteil (Siebrückstand) erhalten, der als Zuschlagstoff für neuen Beton wenig geeignet ist. Ein Beispiel für die nach dem Brechen ermittelte Korngrößenverteilung wird in der Abbildung 3 dargestellt:

Abbildung 3:
Korngrößenverteilung von Betongranulat, hergestellt im Backenbrecher, Spalt=25 mm



Die Tatsache, daß Betonabbruch - sobald er von störenden Stoffen und vom Armierungseisen befreit ist - nicht nur aus Zuschlägen, sondern auch aus erhärtetem Zementstein besteht, muß vor allem bei der Verwertung als Zuschlagsstoff für neuen Straßenbeton oder für andere Betonbauteile berücksichtigt werden. Der alte Zementstein nimmt bei der Herstellung von neuem Beton Wasser auf, wenn er nicht vorher ausreichend befeuchtet wurde. Dies ist in technisch-naturwissenschaftlicher Hinsicht der wesentlichste Unterschied zwischen natürlichen Zuschlägen und Recycling-Granulaten (HANSEN, 1992).

Unterschiede zwischen natürlichen Zuschlägen und Recycling-Granulaten aus Betonabbruch ergeben sich auch aus dem Einfluß der Nutzung der Baulichkeiten - im Falle des Straßenaufbruch-Betons z.B. durch die Salzstreuung und die Verwendung bituminöser Baustoffe als Deckschichte oder für Ausbesserungsarbeiten an der Fahrbahn.

Verwertungsgrenulat aus Beton absorbiert typischerweise 5 bis 10 % Wasser. Relativ hohes Absorptionsvermögen zeigen feine Granulate; grobe Granulate dagegen vergleichsweise geringe Wasseraufnahme. Aufgrund dieses Absorptionsvermögens wird meistens die Verwendung befeuchteten Granulates empfohlen. Nicht gesichert ist jedoch derzeit die Frost-Tau-Beständigkeit von Beton, wenn wassergesättigtes Granulat verwendet wurde. Weil die Dichte geringer und das Absorptionsvermögen größer ist und weil diese auch größeren Steuungen unterliegen als bei frischem Beton, müssen diese Parameter in jedem Fall sorgfältig bestimmt werden, bevor die Betonrezeptur festgelegt wird. Darüber hinaus müssen diese beiden Kennwerte während des Herstellungsvorganges ständig überwacht werden, um Streuungen zu vermeiden. Das ist ziemlich einfach, wenn nur grobes Betongranulat und natürlicher Sand verwendet wird, wird jedoch schwierig, wenn auch feines Betongranulat verwendet wird. Der freie Wasserge-

halt von feinem Betongranulat kann im Allgemeinen nur mit großer Unsicherheit bestimmt werden. Aus diesem Grund kann die Verwendung von feinem Betongranulat - jedenfalls bei einer Korngröße < 2 mm - bei der Herstellung von Beton nicht empfohlen werden. In der Praxis wird auch die Korngröße 2-4 mm bzw. 2-5 mm aus technischen und/oder ökonomischen Gründen nicht als Zuschlagsstoff verwertet (HANSEN, 1992; SOMMER, 1990).

Praktische Erfahrungen zeigen, daß Verwertungsbeton unter diesen Voraussetzungen in gleicher Weise wie frischer Beton angesetzt, gemischt, befördert, kompaktiert und nachbehandelt (finished) werden kann. Recyclingbeton kann in gleicher Weise wie frischer Beton abgemischt werden; nur geringfügige Modifikationen sind notwendig. So kann etwas mehr Wasser und Zement erforderlich sein, um die gleichen Festigkeiten und die gleiche Verarbeitbarkeit wie bei frischem Beton zu erreichen.

Eigenschaften von Beton aus Recycling-Granulaten

Bei einigen wenigen Versuchen zur Verwertung von Betonabbruch wurde festgestellt, daß die Druck-, Zug- und Biegefestigkeiten von Beton aus Recycling-Granulaten gleich hoch oder sogar höher sind als die von Vergleichsproben mit natürlichen Zuschlagsstoffen, wenn die Betonprobe und die Referenzprobe mit gleichem oder geringerem W/Z-Verhältnis hergestellt wurden (HAUTZ, 1991). Diesen eher singulären Beobachtungen widersprechen andere Berichte; die Festigkeiten sind in der Praxis und auch im Labor also oft geringer als die der korrespondierenden Vergleichsproben. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn qualitativ hochwertiger Beton unter Verwendung von Granulat aus weniger festem Beton hergestellt werden soll oder wenn auch feines Betongranulat als Zuschlagsstoff verwendet wird. In solchen Fällen können die Festigkeitswerte bei gleichem W/Z-Wert auch um bis zu 50 % streuen. Häufiger jedoch findet man, daß die Druckfestigkeit von Beton aus Verwertungsgranulat um 5 bis 10 % geringer sind als diejenige eines Betones mit natürlichem Zuschlag (HANSEN, 1992, SOMMER, 1990, HAUTZ, 1991). Es wird empfohlen, immer Versuchsmischungen zur Bestimmung der Festigkeiten herzustellen und auf die Verwertung des Feinanteiles als Zuschlagsmaterial zu verzichten. Wenn ein Granulat von gleichmäßiger Güte verwendet wird, sind die Streuungen in der Druckfestigkeit des resultierenden Betons nicht größer als bei natürlichen Zuschlägen. Größere Streuungen werden bei Granulaten aus Hochbau-Beton zu erwarten sein, z.B. wenn das Granulat von einer Brechanlage stammt, die gleichzeitig von verschiedenen Baustellen mit Baurestmassen beliefert wird. Da für Konstruktionsbeton auch in Zukunft eine geringe Standardabweichung der Festigkeitswerte gefordert werden wird, erscheint es fraglich, ob sich Betongranulate für derartige Zwecke in Zukunft gegenüber natürlichen Zuschlägen durchsetzen werden. Die Verwertung von Betongranulaten aus dem Hochbau könnte also in nächster Zukunft auf die Herstellung von Beton geringerer Güteklassen beschränkt sein. Ein weitestgehendes Verwertung im eigentlichen Sinne des Wortes kann vermutlich etappenweise in längeren Zeitabschnitten erreicht werden.

Im Prinzip ist grobes Betongranulat - d.h. Granulat > ca.4 mm - für die Herstellung von bewehrtem Beton uneingeschränkt anwendbar. Wenn sowohl feines als auch grobes Granulat verwendet wird, kann die Bindungsstärke zwischen Bewehrung und Beton allerdings um 15 % und die Biege(zug-)festigkeit um 30 % verringert werden (HANSEN, 1992).

Der Elastizitätsmodul von Beton, der aus Recycling-Granulaten hergestellt wurde, kann (z.B. aufgrund des Mörtelgehaltes der Recycling-Granulate) geringer sein. Werte zwischen 15 und 40 % werden für diese Verringerung in der Literatur genannt. Vergleichsweise gut schneiden

dabei Betone aus grobem Granulat und Natursand ab; etwas größere Verringerungen der E-Moduli treten ein, wenn auch der Natursand durch feines Granulat ersetzt werden soll. Analoges gilt auch für das Schrumpfen und Kriechen; die betreffenden Kennwerte liegen beim Schrumpfen und Kriechen um 40 bis 80 % höher als bei Beton mit natürlichen Zuschlägen (HANSEN, 1992).

Es existieren in der Literatur auch einige Nachweise dafür, daß die Frostbeständigkeit von Verwertungsbeton, der aus grobem Granulat aus Konstruktionsbeton hergestellt wurde, ebenso gut oder auch besser als die von frischem Beton ist. Mehrmaliges Verwertung des Betons soll ebenfalls die Frostbeständigkeit erhöhen. Größere Frostbeständigkeit wird eher bei Verwendung von Granulat mit Korngrößen bis 16 bzw. 19 mm erreicht als bei Größtkorn bis 32 bzw. 38 mm. Wenn allerdings auch feines Granulat verwendet wird oder wenn das Granulat von minderer Qualität ist, kann die Frostbeständigkeit auch geringer sein. Wenn Naturgranulat mit Verwertungsgranulat verschnitten wird, dann ist zu beachten, daß eine schon relativ geringe Erhöhung des Anteiles an Verwertungsgranulat die Frostbeständigkeit erheblich verringern kann (DEISL, 1993).

Bei gleichem W/Z-Wert ist die Durchlässigkeit des Verwertungsbetons und die Carbonatisierungsrate und damit auch das Risiko der Korrosion der Bewehrung etwas größer. Diese unerwünschten Effekte können aber durch etwas geringere W/Z-Werte kompensiert werden.

Der Einfluß von Betonzusätzen in Recycling-Granulaten auf die Betoneigenschaften

Betonzusätze, wie Betonverflüssiger, Erstarrungsverzögerer und Luftporenmittel, im gebrochenen Beton haben keine signifikanten Auswirkungen auf die Eigenschaften des Verwertungsbetons (HANSEN, 1992). Auch Bitumenreste aus Bitumenanstrichen (bis zu 1 Masse-%) verändern die Eigenschaften von Beton im Falle einer Verwertung der beschichteten Betonteile nicht. Wenn allerdings Calciumchlorid im alten Beton als Erstarrungsbeschleuniger verwendet worden war, dann findet man ca. 30 % der Chloridfracht als freies Chlorid im Verwertungsbeton. Dadurch kann der Erstarrungsverlauf des frischen Betons deutlich beschleunigt werden. Ebenso können Betonteile von Brücken und Parkplätzen relativ große Chloridmengen aus dem Winterdienst enthalten. Bedenkt man, daß die Chlorid-Grenzwerte, die zur Vermeidung von Korrosionserscheinungen an der Bewehrung festgelegt wurden, in Zukunft eher noch verschärft werden, dann könnte der Chloridgehalt von Betongranulat zu einem begrenzenden technischen Faktor für ein Recycling von Betonabbruch werden.

Mehrmaliges Verwertung ("Re-Verwertung")

Die in der BRD beheimatete KRONIMUS AG, bei der täglich ca. 3000 t an Betonstein und Betonwerkstein hergestellt werden, berichtete unlängst von Untersuchungen zum mehrmaligem Verwertung von Betonwerksteinen. Im Labor und an Musterprodukten wurden Material- und Produkteigenschaften von Beton-Pflastersteinen bis hin zur dreimaligen Wiederverwendung (Verwertung-Anteil 30 %) geprüft: DÖRLE und GÖRISCH (1992) sehen gute Chancen für eine Verwirklichung der Verwertung in der Praxis; ein im Labor bei jedem Verwertungsschritt festgestellter, geringfügiger Festigkeitsabfall dürfte in der Praxis geringer ausfallen, da der Betonstein nach langjähriger Verwendung sicherlich vollständig ausgehärtet ist. Als Zuschlag verwertbar ist gebrochenes Material der Korngröße > 3 mm; der "RCL-Sand", also die Fraktion 0/3 mm, muß anderweitig verwertet werden.

Verwertung nicht sortenreiner Granulate aus Baurestmassen als Zuschlagsmaterial

Prinzipiell können auch Granulate, die ein Gemisch aus Beton, Naturstein und Mauerwerk sind, als Zuschlagsstoff verwertet werden. GÖRISCH (1989) berichtet z.B. von Laborversuchen zur Herstellung von Betonsteinen. Verwendet wurde bei diesen Versuchen ein Granulat aus einer Aufbereitungsanlage für Baurestmassen, welches im langjährigen Mittel annähernd folgende Zusammensetzung aufwies:

57 % Beton
17 % Naturstein
19 % Asphalt
3 % Kies/Sand
1 % Ziegel

Die für Betonsteine erforderliche Druckfestigkeit (60 N/mm^2) wurde nur geringfügig unterschritten, wenn der Granulatanteil in der gesamten Zuschlagsmasse z.B. 80 % betrug. Dies ist ein Beispiel dafür, daß technische Normen und Richtlinien, die auf der Basis linearer Stoffflüsse festgelegt wurden, überarbeitungsbedürftig sind.

Verwertungbaustoffe sind nur dann für die Herstellung von neuem Beton geeignet, wenn sowohl die geforderten Festigkeiten als auch die Raumbeständigkeit des Betons gewährleistet sind. Die Raumbeständigkeit ist nicht gegeben, wenn die Verwertungbaustoffe Bestandteile enthalten, die zu Treibvorgängen im Zementstein führen. Von Treibvorgängen (Zementtreiben) spricht man, wenn nach der Erhärtung des Zementsteines es zu - meist langsamen - Reaktionen kommt, die unter Volumsvergrößerung ablaufen. Wenn z.B. im Zementstein Partikel aus MgO (Magnesiumoxid, Magnesia) eingeschlossen sind, dann kann dieses MgO mit dem überschüssigen Wasser zu Mg(OH)_2 reagieren. Das dabei gebildete Mg(OH)_2 nimmt nun aber ein größeres Volumen ein als die Summe der Volumina der Stoffe, aus denen es sich gebildet hat, es gilt also:

$$V_{\text{Mg(OH)}_2} > V_{\text{MgO}} + V_{\text{H}_2\text{O}}$$

Da Baurestmassen bzw. aus diesen hergestellte Verwertungbaustoffe normalerweise kein MgO enthalten, spielt die angegebene treibende Reaktion - das sogenannte "Magnesiatreiben" wohl bei der Verwertung als Zuschlagsstoff keine Rolle. Von größerer Bedeutung sind jedoch Treibvorgänge, die auf die Anwesenheit von Gips, Kalk und Alkalien beruhen. Man spricht vom Gipstreiben, vom Kalktreiben und vom Alkalitreiben. Ob es tatsächlich zu Treibvorgängen und auch zur Zerstörung des Zementgefüges kommt, hängt nicht nur von der Konzentration des das Treiben verursachenden Stoffes ab, sondern auch von der Feinheit der Verteilung. Das Gipstreiben ist ein wichtiger Faktor bei der Verwertung von Betonabbruch. Betonabbruch ist nicht mehr als Zuschlagsstoff geeignet, wenn er auch nur wenige Massenprozent Gips enthält.

Verwertung des Feinanteiles (=Siebrückstände) der Zerkleinerung von Betonabbruch

Die Siebrückstände aus der Zerkleinerung des Betons enthalten nur wenig nicht hydratisierten Zement; er ist jedenfalls nicht als hydraulisches Bindemittel anzusprechen. Mischt man den Feinanteil mit Wasser, dann wird eine leichte Verfestigung, aber keine wirkliche Aushärtung beobachtet, auch wenn das Gemisch bei 50 Grad C temperiert wird. Andererseits können die Siebrückstände $< 4 \text{ mm}$ aus der Aufbereitung von Betonabfall bis zu 4% (Massenprozent) Calciumhydroxid enthalten, das vormalig bei der Hydratation des Zementes entstanden ist. Wenn

man im Labor mit Wasser anteigt und danach trocknet, dann verfestigt sich das Produkt ähnlich wie ein schwacher Mörtel. Diese Aushärtung ist vermutlich auf Reaktion mit Kohlendioxid zurückzuführen; ein Verbacken des Siebrückstandes tritt bei der Zwischenlagerung auf (HANSEN, 1992).

Wenn man Mischungen aus Siebrückständen mit zerkleinerter Flugasche oder silikatischen Flugstäuben im Autoklaven erhitzt, dann können die Feinanteile der Flugaschen mit dem Ca(OH)_2 reagieren. Dabei entstehen Produkte mit beachtlicher Druckfestigkeit; etwa vergleichbar mit Kalksandsteinen bzw. Silikatbeton. Im Prinzip können die Siebrückstände weiters auch im Erdbau zur mechanischen Stabilisierung von Böden verwendet werden. Andere mögliche Anwendungsbereiche sind (HANSEN, 1992):

- a) Filter für die Abwasserreinigung
- b) Neutralisation von Böden oder Abwasser
- c) Ersatz von Kalkstein bei der Entschwefelung von Abgasen
- d) Konditionierung von Klärschlamm
- e) Als "Silikatdünger" für ausgelaugte Böden

Die Wirtschaftlichkeit der Verwertungsmöglichkeiten a), b) und c) ist jedoch durch den geringen Kalkgehalt bzw. das geringe Neutralisierungspotential der Siebrückstände beschränkt. Auch die Verwertung als "Silikatdünger" dürfte nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen, sofern eine derartige Verwertung aufgrund der Alkalität und Metallgehalte der Siebrückstände überhaupt möglich bzw. zulässig ist.

LUKAS (1992) hat nachgewiesen, daß aus der Feinfraktion einer Bauschutt-Aufbereitungsanlage unter Zusatz von Bentonit auch Dichtmaterialien mit sehr geringer Durchlässigkeit hergestellt werden können.

Zusammenfassung. Forschungsbedarf

Die aus Recycling-Granulaten hergestellten Betone sind also - was die wesentlichsten beton-technologischen Kennwerte anbelangt - dem mit natürlichen Zuschlägen erzeugten Beton gleichwertig oder annähernd gleichwertig. Offene Fragestellungen ergeben sich vorwiegend noch in Detailfragen bzw. bei besonderen Anwendungsgebieten für Beton. Forschungsbedarf besteht nach HANSEN (1992) noch vor allem in folgenden Fragestellungen:

- Detailfragen zur Sulfatbeständigkeit
- Weitere Untersuchungen zur Auswirkungen auf die Biegezugfestigkeit von Stahlbeton
- Eigenschaften von Betonen bei nur teilweisem Ersatz von natürlichen Zuschlägen durch Recycling-Granulate
- Auswirkungen der Verwendung von Betonabbruch, der aus Beton gewonnen wurde, der durch Alkalitreiben zerstört bzw. geschädigt wurde, auf das Betongefüge.
- Penetration von Chlorid in Betonen aus Recycling-Granulaten
- Detailfragen der Schrumpfrißbildung von Beton aus Recycling-Granulaten

Wichtig erscheint die Festlegung von Grenzwerten für betonschädliche Verunreinigungen in Normen und Anforderungskatalogen, z.B. für Gips, organische Stoffe, Bitumen, Boden, Chloride, Metalle und Glas. Normen, Standards und Testmethoden für Verwertungsbeton existieren bereits in den USA, in Japan, Holland, England und Dänemark.

Von den oben genannten Möglichkeiten der Verwertung von Siebrückständen aus der Zerkleinerung von Betonabbruch wäre vor allem der Einsatz bei der Klärschlammkonditionierung in technischer und ökologischer Hinsicht zu prüfen.

7.2.4 Verwertung als ungebundener Baustoff bzw. zur Stabilisierung

Grundsätzlich ist Betonabbruch als ungebundener oder stabilisierter Baustoff gut geeignet, auch in jenen Fällen, in denen ein Gemenge mit anderen mineralischen, nicht kontaminierten Baurestmassen vorliegt - etwa entsprechend den Granulaten "RAB" und "RM" der Richtlinie für Verwertung-Baustoffe des Österr. Baustoff-Verwertungsverbandes^{1, 2}.

Betonabbruch kann als Ersatzmaterial (Kiesersatz) für ungebundene Tragschichten verwendet werden, wenn die Anforderungen betreffend Frostsicherheit und Filterstabilität erfüllt sind. Dafür muß der Betonabbruch durch eine entsprechende Aufbreitung - Sieben, Brechen, Mischen etc. - eine stetige, hohlraumarme Sieblinie innerhalb eines bestimmten Sieblinienbereiches aufweisen. Es darf aber auch zu keiner zu starken Kornzertrümmerung beim Einbau kommen. Weiters soll das Größtkorn maximal 1/3 der Schichtdicke und maximal 80 mm betragen.

Erfahrungen mit dem Bau von stabilisierten Tragschichten - insbesondere mit Zementstabilisierungen - liegen bei Verwertungsbaustoffen in ausreichendem Maß vor. Bei der Stabilisierung von Böden oder bei der Errichtung stabilisierter Tragschichten wird dem Mineralstoff ein Bindemittel (Zement und Wasser oder Bitumenemulsion oder beides) zugeben. Im Falle der Zementstabilisierung muß so viel Zement zugegeben werden, daß die erforderliche Druckfestigkeit (z.B. $> 3 \text{ N/mm}^2$) und Frostbeständigkeit erreicht wird. Dabei gilt, daß für feinere Baustoffe ein höheres Massenverhältnis Zement:Mineralstoff gewählt werden muß. Nach der RVS 8.05.13, Ausgabe 1989 gilt z.B. für Primärbaustoffe folgender Zementbedarf pro 100 kg Mineralstoff:

Kiessand	4 bis 7 kg
Sand, schluffiger Sand.....	6 bis 10 kg
gleichförmiger Sand	8 bis 12 kg
Schluff	7 bis 12 kg
Ton.....	10 bis 16 kg

Bei Recycling-Granulaten können davon abweichende Bindemittelmengen erforderlich sein. Gut geeignet ist Betonabbruch auch als Künettenfüllmaterial und als Material für Lärmschutzwälle und Hinterfüllungen.

¹ Recycliertes gebrochenes Asphalt-Beton-Mischgranulat (RAB)

² Recycliertes gebrochenes Mischgranulat (RM)

Grundsätzlich erscheint auch eine Verwertung für wassergebundene Verkehrsflächen und für den Wege- und Sportplatzbau möglich, es darf jedoch zu keinen umweltschädigenden Staubemissionen kommen.

Für eine zukünftige Verwertung von Hochleistungsbeton als ungebundener Baustoff sollten Untersuchungen über die ökologische Relevanz einer hohen Dosierung an Fließmitteln eingeleitet werden; analoges gilt bei hoher Dosierung anderer Betonzusatzmittel.

7.2.5 Vermeidung und Verwertung von Restbeton

Die Verwertung bzw. Entsorgung von Restbeton aus der Herstellung und dem Vertrieb von Fertigbeton stellt ein besonderes Problem dar. Der in den Fahrmischern verbleibende Restbeton kann nicht beliebig im Fahrzeug belassen werden, sodaß sehr bald schon Verwertungsmöglichkeiten bei Transportbetonunternehmen gesucht wurden. Aus dem Restbeton kann z.B. eine Art Betonstein erzeugt werden, mit dem Stütz- und Hallenwände errichtet werden. (N.N., 1991 a). Überhaupt vermieden wird der Anfall von Restbeton durch einen neuartigen Erstarrungsverzögerer (N.N., 1991 b). Vorteilhaft dabei ist, daß sich je nach Zugabemenge die Wirkung dieses Verzögerers nach mehreren Stunden oder Tagen verringert; danach läuft die Zementhydratation wieder normal weiter.

7.3 Anlagentechnik und Zerkleinerung von Betonabbruch

Aufbereitungstechnologien für Abbruchschutt und Betonabbruch wurden aus den Technologien für die Natursteinaufbereitung entwickelt. Die bei der Aufbereitung von Betonabbruch angewendete Aufbereitungstechnik hat sich in den letzten 10 Jahren nicht wesentlich verändert.

Die Aufbereitung kann in stationären, semimobilen oder stationären Anlagen erfolgen. Es ist davon auszugehen, daß die Anlagentechnik in einschlägigen Veröffentlichungen inzwischen in ausreichender Breite dargestellt wurde (z.B.: BILITEWSKI, 1990). Die auch für die Aufbereitung von mineralischem Bauschutt und Baustellenabfällen übliche Anlagentechnik wurde inzwischen auch vom Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien mehrmals zusammengefasst (LAHNER, 1993, BANSCH, 1990) sodaß auf eine Darstellung der Anlagentechnik im Rahmen dieser Studie verzichtet werden kann.

7.4 Ablagerung

siehe Abschnitt 8.4

8. BEHANDLUNGSWEG: PERSPEKTIVEN**8.1 Vermeidung durch qualitativ hochwertige Betonoberflächen und Korrosionsschutz**

Beton ist gegenüber atmosphärischen Einflüssen, Salzen und Wasser nur beschränkt widerstandsfähig. Einsickernde Feuchtigkeit und Kondenswasser ergeben im Baustoffgefüge unter Umständen Anreicherungen von Salzen, die durch Kristallisation den Beton schädigen. Weiters kann früher oder später die Bewehrung von Stahlbeton korrodieren.

Gegen betonangreifende Stoffe und Betonschäden kann man entweder bei der Herstellung des Betons und der Errichtung des Bauwerkes oder nachträglich durch Schutz- oder Sanierungsmaßnahmen Vorkehrungen treffen. Entscheidend für die Qualität der Betonoberfläche ist dabei ihre Undurchlässigkeit für Wasser und Kohlendioxid.

Ein wichtiger Faktor ist dabei der W/Z-Wert. Wenn man den W/Z-Wert von 0,5 auf 0,7 erhöht, dann nimmt bei gut nachbehandeltem Beton die Durchlässigkeit auf rund das Zehnfache zu (SOMMER, 1987). Auch der Einfluß der Nachbehandlung ist groß; bei mangelhafter Nachbehandlung steigt die Korrosionsgefahr für Stahleinlagen. Zu beachten ist, daß Beton früher länger - z.B. eine Woche lang - eingeschalt blieb, während man heute häufig die seitlichen Schalungen schon nach einem Tag entfernt. Dabei besteht die Gefahr einer Austrocknung, welche schlechte Oberflächeneigenschaften nach sich ziehen kann. Durch Aufsprühen von filmbildenden Nachbehandlungsmitteln kann das Austrocknen verhindert werden.

Wenn die Qualität der Betonoberfläche mangelhaft ist, dann können Imprägnierungen, Anstriche, Spritzbetonschichten oder Dichtungsschlämme als Barrieren gegen CO₂ und Wasser verwendet werden. Die Haltbarkeit derartiger Barrieren wird jedoch in Frage gestellt (KROLKIEWICZ, 1993); zusätzlich können bei Abschälung der getränkten Betonoberfläche Schäden entstehen.

Bei der Herstellung von Stahlbeton ist stets auf eine ausreichende Überdeckung der Stahleinlagen zu achten. Stahleinlagen, die nahe der Oberfläche liegen, können bereits nach wenigen Jahren korrodieren.

Für die Sanierung von bereits eingetretenen Korrosionsschäden gibt es im wesentlichen drei Konzepte:

Konzept 1: Beschichten des Stahls

Konzept 2: Fernhalten des Wassers

Konzept 3: Repassivierung des Stahls

Beim Konzept 2 (Fernhalten des Wassers) ist zu beachten, daß der trockengelegte Beton jetzt allerdings rascher karbonatisiert, sodaß bei Unwirksamwerden der Barriere und erneutem Wasserzutritt die Korrosion sehr rasch fortschreiten würde. Ein Fernhalten von Wasser ohne Beschichtung bzw. Repassivierung des Stahls alleine wird in der Praxis selten angewendet. Weitere Angaben zur Theorie und Praxis der Betonsanierung sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen (z.B. SOMMER, 1987; KROLKIEWICZ, 1993).

8.2 Verwertung

Betonabbruch ist bereits jetzt ein wertvoller Sekundärrohstoff, der bei der Errichtung von Straßen, beim Füllen von Leitungsräumen und bei Hinterfüllungen die Primärrohstoffe ersetzen kann. Aufbereitete, frostsichere Betonabbruch-Granulate erreichen bereits Marktpreise, die nur wenig unter dem Primärrohstoff liegen (SCHAMANN, 1992). Auch die Verwertung von Betonabbruch als Zuschlagsstoff im Straßenbau (Betonbauweise) wird in Österreich bereits in großem Maßstab praktiziert. Diese beiden, bereits etablierten Verwertungspfade wären jedenfalls dann verstärkt zu fördern, wenn es regional oder bundesweit zu einem Überschuß an verwertbaren Recycling-Granulaten kommen würde.

Noch im Aufbau befindet sich derzeit die Verwertung von Betonabbruch als Zuschlagsstoff im Hochbaubereich und bei der Herstellung von Betonfertigteilen und Betonsteinen. Hier wären einschlägige technische Regelwerke, die die Eigenschaften verwertbarer Granulate festlegen, bzw. einschlägige Normen dringend erforderlich. Eine in Zukunft steigende Nachfrage nach "wertvollen" Granulaten ist anzustreben; die Konkurrenz verschiedener Verwertungspfade kann die erzielbaren Granulat-Preise weiter anheben und schafft zusätzliche Anreize für aufwendigere bzw. klügere Aufbereitungstechnologien und eine sorgfältigere Trennung von Baurestmassen an der Baustelle. Hoffnungsmärkte für Betonabbruch bestehen jedenfalls noch bei der Herstellung von Betonfertigteilen mit geringeren Festigkeitsansprüchen, z.B. Böschungssprossen aus Beton, Mantelbetonsteine, Rasengittersteine und Fertigteile bzw. Betonsteine für eingeschossige Bauten.

8.3 Wiederverwendung von Bauelementen

Der wesentliche Unterschied zwischen den häufiger anzutreffenden Varianten der Verwertung oder des Verwertungs und der Wiederverwendung von Bauelementen ist wohl, daß keine Granulierung oder Vermahlung der Bauelemente erfolgt; diese werden sozusagen "wiederbelebt" und werden zu Elementen neuer Baulichkeiten. Voraussetzung für eine Verwertung, ein Recycling oder eine Wiederverwendung sind generell folgende:

- bautechnische Eignung
- Umweltverträglichkeit der Aufbereitung und der recycelten Baustoffe (-elemente)
- und Wirtschaftlichkeit

Speziell bei der Wiederverwendung von Bauelementen müssen zusätzlich noch folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- leicht zu lösende Elementeverbindungen
- zerstörungsarme oder zerstörungsfreie Demontage

Diese Voraussetzungen sind bei vielen Skelettkonstruktionen erfüllbar. Beispiele für eine erfolgreiche Wiederverwendung von Bauelementen zeigen, daß im Vergleich zum Neubau unter geeigneten örtlichen Umständen Kosten gesenkt werden können.

Organisationsformen der Wiederverwendung (METTKE, 1992):

- Aufarbeitung der Elemente in einer zentralen Aufarbeitungsstätte (z.B. Betonwerk)
- Aufarbeitung unmittelbar nach der Demontage bei der Demontage-Baustelle
- Aufarbeitung am Ort der Wiederverwendung und
- Aufarbeitung in remontiertem Zustand am Sekundärbauwerk

Über einschlägige Aktivitäten zur Wiederverwendung von Bauelementen aus Beton in Österreich ist hierorts nichts bekannt; hier besteht offenbar ein Bedarf nach Pilot- bzw Demonstrationsprojekten.

8.4 Ablagerung

Nach einer eingehenden Analyse der chemischen Zusammensetzung - insbesondere im Hinblick auf anorganische Stoffe - wurden Beton, Gasbeton, Silikatbeton und Asbestzement bereits 1991 als "inertter Abfall" klassifiziert (LECHNER et al., 1991). Prinzipiell ist daher eine Ablagerung von Betonabbruch in Inertstoffdeponien zulässig. Inertstoffdeponien sind im Wesentlichen Deponien für anorganische Abfälle mit geringen Schadstoffgehalten; die zu erwartenden Konzentrationen im Sickerwasser überschreiten den natürlichen, geochemischen Hintergrund nur unwesentlich. Inertstoffdeponien können ohne Sickerwassererfassung und -ableitung errichtet, jedoch nur mit sorgfältiger Eingangs- und Immissionskontrolle betrieben werden.

In der Praxis wird derzeit allerdings überwiegend nur jener Betonabbruch abgelagert, der aufgrund der geringen Einzelmenge oder wegen Vermischung mit anderen Baurestmassen nicht verwertbar ist. Für Gemenge von Baurestmassen kann im Falle der Ablagerung kein umweltneutrales Verhalten garantiert werden. Es wird daher empfohlen, nicht verwertbaren Betonabbruch und Gemenge, die Betonabbruch enthalten, entweder so aufzubereiten, daß die Inertstoffqualität erreicht wird oder diese Gemenge in sogenannten "Baurestmassendeponien" oder auch in Mülldeponien abzulagern. Eine in Vorbereitung befindliche Verordnung nach § 29 AWG wird die Auslaugbarkeit und den organischen Anteil der diesbezüglichen Deponietypen festlegen.

9. EMPFOHLENE MASSNAHMEN

Wie aus dem Abschnitt 5 hervorgeht, liegen sehr widersprüchliche Schätzungen über die derzeitigen und zukünftigen Betonabbruch-Mengen in Österreich vor. Übereinstimmung besteht lediglich darin, daß selbst bei vollständiger Verwertung der gesamten Betonabbruch-Menge diese Menge immer noch gering wäre im Vergleich zur Menge der substituierbaren natürlichen Rohstoffe (Grädermaterial, Sand, Kies....). Konkrete Maßnahmen, die vom Bund oder von den Ländern in der jetzigen Situation zu treffen wären, können aber wegen der Unübersichtlichkeit der Stoffströme und wegen der raschen Zunahme der Anzahl der Aufbereitungsanlagen derzeit nicht vorgeschlagen werden. Weiters erscheint es grundsätzlich fraglich, ob ein Bedarf nach einer staatlichen Lenkung existiert, da der Sekundärrohstoff "Betonabbruch" derzeit bereits eine anerkannte Position am Markt einnimmt. Aufbereitete, frostsichere Betonabbruch-Granulate erreichen bereits Marktpreise, die nur wenig unter dem Primärrohstoff liegen (SCHAMANN, 1992). Auch nicht frostsichere Granulate sind absatzfähig.

Die Möglichkeiten der Verwertung von Betonabbruch als ungebundener bzw. stabilisierter Baustoff sind vor allem bei öffentlichen Ausschreibungen im Tiefbaubereich weiterhin gezielt zu forcieren; d.h. es sollte die Verwendung von Verwertungsbaustoffen entweder unbedingt oder als Wahlmöglichkeit in den Ausschreibungen enthalten sein. Rohstoff- und Abfalltransporte sollen minimiert werden; die Verfügbarkeit der erforderlichen Mengen im Umkreis des projektierten Bauwerkes ist zu beachten.

Für die zukünftige Verwertung von Betonabbruch als Zuschlagsmaterial auch im Hochbaubereich sind einschlägige technische Regeln oder Normen festzulegen, sodaß Betonabbruch auch als Betonzuschlag für neue Betonbauten ausschreibungsfähig wird. Generell ist eine Anpassung aller vor 1990 erstellter Baustoff-Zulassungsvorschriften an die Zielsetzungen des Abfallwirtschaftsgesetzes anzustreben.

Anforderungen an die Qualität der Sekundärrohstoffe sollten aus wasserwirtschaftlicher Sicht zunächst nur für jene Fälle festgelegt werden, bei denen der Sekundärrohstoff in einem Wasserschutzgebiet, Gebiet zur Schonung zukünftiger Wasserreserven etc. verwendet werden soll. Dies könnte z.B. in Form einer bundeseinheitlichen Richtlinie zur Verwertung von Baurestmassen in wasserwirtschaftlich besonders geschützten Gebieten verwirklicht werden.

Pilotprojekte zur Wiederverwendung von Bauelementen aus Beton nach deren zerstörungsfreier Demontage sollten unterstützt werden.

Auch die Möglichkeiten und Chancen der Sanierung von Betonbauwerken müssen aufgezeigt und genützt werden; damit wird ein Beitrag zur Vermeidung geleistet.

10. LITERATUR; EINSCHLÄGIGE GESETZE UND VERORDNUNGEN

- AITCIN P-C., NEVILLE A.: High-Performance Concrete Demystified. Concrete International, Jan.1993, S.21 ff.
- BANSCH M.(1990): Entsorgung und Verwertung von Straßenaufbruch. Diplomarbeit am Inst. f. Wassergüte und Abfallwirtschaft (ehem. Landschaftswasserbau), T.U.Wien, 1990.
- BILITEWSKI B. et al.(1990): Bauschutt- und Asphaltverwertung; Grundlagen - Technik - Wirtschaftlichkeit. 2. Auflage. Beiheft 30 zu Müll und Abfall, E.Schmidt Verl., Berlin.
- BRUSATTI, HENNRICH (1987): Stein & Keramik - 40 Jahre Fachverband Stein- und keramische Industrie Österreichs. Hrsg.: Fachverband Stein- und keram. Ind.
- DEISL M.(1993): Verwertung von Hochbaurestmassen - Herstellung von Verwertungsbeton aus Hochbaurestmassen. Zement & Beton Nr.1/93, S.15-19.
- DÖRLE K.; GÖRISCH U.(1992): Re-Verwertung von gebrauchten Betonwerksteinen. Baustoff Verwertung u. Deponietechnik 7/92, S.12-17.
- GOLWER A.(1991): Belastung von Böden und Grundwasser durch Verkehrswege. Forum Städte-Hygiene 42, Sept./Okt.1992; S.266-275.
- GOLWER A., FISCHER H., GORBAUCH H., SCHNEIDER W.(1989): Belastung von Böden und Grundwasser an Start- und Landebahnen des Flughafens Frankfurt-Main. Forum Städte-Hygiene 40, Jan./Feb.1989, S.15-31.
- GÖRISCH U.(1989): Verwertung-Baustoffe - Ein Zuschlagstoff für die Herstellung von Betonsteinen. Vortrag am 5. Symposium "Verwertungbaustoffe", Nov. 1989, Bad Dürkheim. Hrsg.: Verband Deutscher Baustoff-Verwertung-Unternehmen.
- GRIESINGER E.(1992): Motivenbericht zu den "Grundsätzen des Gewässerschutzes im Straßenbau", Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen, Arbeitsausschuß Boden- und Gewässerschutz, Salzburg, im September 1992.
- GUA - Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung GmbH (1987): Entsorgung von Baurestmassen und anderen überwiegend mineralischen Abfällen im Bereich der Gemeinde Wien. Erhebung des Ist-Zustandes und Vorschläge für ein Gesamtkonzept. Studie im Auftrag der Gemeinde Wien, Okt. 1987.
- HANSEN T.C.(1992): Recycled Aggregates and Recycled Aggregate Concrete. In: Verwertung of Demolished Concrete and Masonry. Rilem-Report 6, Chapman & Hall, 1992.
- HAUTZ W.(1991): Die Verwendung von Verwertungsbeton als Zuschlag bei der Betonherstellung. Diplomarbeit an der Universität Innsbruck, 1991.
- JAKUBEIT E.(1992): Erneuerung der Betonfahrbahndecke auf der BAB A1. Baustoff-Verwertung u. Deponietechnik 3/92, S.10-12.

-
- KROLKIEWICZ H.J.(1993): Betonsanierung: Ursachen, Vorbereitung, Maßnahmen. Baumarkt 3/93 S.212-215.
- LECHNER P., MOSTBAUER P., SCHACHERMAYER E., LAHNER T. et al.(1991): Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt. Band 1 der Schriftenreihe Abfallwirtschaft, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.
- LUKAS W.(1992): Verwertung von Baurestmassen - Dichtmaterial. Sonderdruck des Institutes für Baustofflehre und Materialprüfung, Universität Innsbruck.
- METTKE A.(1992): Wiederverwendung von Bauelementen und Bauwerksteilen aus Beton. Baustoff-Verwertung u. Deponietechnik 6/92, S.9-13.
- MEYER G.(1991): Rettung eines markanten Verkehrsbauwerkes. Beton 7/91, S.328-333.
- NISCHER P.(1992): Auslaugverhalten von Beton und zementgebundenen Materialien. Betonwerk + Fertigteil-Technik Heft 12/1992, S.76-80.
- PETZSCHMANN E.(1987): Verwertung - der Umwelt zuliebe. Baumarkt 5/1987. Zitiert und übernommen von WILLKOMM H. (1988).
- SCHAMANN M.(1992): Bauschutt-Verwertung aus der Sicht der österreichischen Gesetzgebung. Diplomarbeit am Institut für Wasserversorgung, Gewässergüte und Fischereiwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien.
- SOMMER H.(1987): Erhalten und Instandsetzen von Bauteilen aus Beton - Ergebnisse eines internationalen Kolloquiums. Bericht von der 22. Fachtagung "Betontechnologie". Zement u. Beton, 32 JG., Heft 4, S.117-119.
- SOMMER H.(1992 a): Wiederverwendung von Altbeton für neue Betonfahrbahndecken. Schriftenreihe Straßenforschung Heft 403, Bundesmin. für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien, 1992.
- SOMMER H.(1992 b): Beton aus Altbeton und lärmarme Betonoberflächen auf Autobahnen in Österreich. Straße + Autobahn 3/92, S.160-167.
- SPRUNG; RECHENBERG (1988): Einbindung von Schwermetallen in Sekundärstoffen durch Verfestigung mit Zement. Beton H.5/1988.
- WAGNER A.(1992): Die Autobahn als Baustofflieferant - Verwertung im Betonstraßenbau. Baustoff-Verwertung u. Deponietechnik 8/92, S.6-10.
- WILLKOMM H.(1988): Beton-Verwertung. Straße und Tiefbau 42(1988) H.7/8, S.11-15

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 31437

Asbestabfälle, Asbeststäube

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Mag. P. Mostbauer

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

1. HERKUNFT	1
1.1 Natürliche Vorkommen und Abbau	2
1.2 Herkunft asbesthaltiger Abfälle: Stand der Technik der Asbestsanierung	2
2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	4
3. ZUSAMMENSETZUNG	5
3.1 Produktinformation	5
3.2 Elementarzusammensetzung	6
4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ	7
4.1 Grundlegende Eigenschaften und Matrixeinflüsse	7
4.2 Wirkung von Asbest als Luftschadstoff	8
4.3 Asbest im Trinkwasser	9
5. ABFALLMASSEN	10
5.1 Umfrage bei den Mitgliedern des VASÖ	11
5.2 Masse für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan	13
6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN (GEMÄSS ABFALLKATALOGEN)	14
7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG	14
7.1 Einschlägige Bestimmungen betreffend Asbestentsorgung	14
7.2 Praxis der Ablagerung; Konditionierung laut Umfrageergebnis	16
7.3 Restfaserbindemittel	18
7.4 Thermische Behandlung	19
7.5 Chemische Behandlung (chemische Zersetzung)	20
7.6 Entsorgung von Elektro-Speicherheizgeräten	20

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN.....	20
8.1 Vermeidung	20
8.2 Perspektiven: Verwertung, Behandlung und Entsorgung.....	21
8.2.1 Verwertung	21
8.2.2 Verfestigung mit Zement.....	21
8.2.3 Thermische Behandlung	21
8.2.4 Chemische Behandlung	21
8.2.5 Ablagerung - grundsätzliche Überlegungen	21
8.2.6 Maßnahmen gegen Faserfreisetzungen bei der Ablagerung	23
8.2.7 Ablagerung mit gleichzeitiger Konditionierung	25
8.3 Schadstoffentfrachtung von mineralischem Bauschutt	25
8.3.1 Aufsuchen von alten Asbestbeständen in Gebäuden; Asbestkataster.....	26
9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES.....	27
9.1 Vermeidungs-, Verwertungs- und Entsorgungskonzept	27
9.2 Konkrete Anregungen	27
9.2.1 Vermeidung	27
9.2.2 Verwertung	27
9.2.3 Entsorgung	27
9.2.4 Schadstoffentfrachtung	28
10. LITERATUR; EINSCHLÄGIGE GESETZE UND VERORDNUNGEN.....	28

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen Schlüssel Nr. 31437 "Asbestabfälle, Asbeststäube"

1. HERKUNFT

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

- Asbestzementprodukten (fest gebundener Asbest) und
- anderen asbesthaltigen Produkten

Asbest war vor allem etwa ab 1950 in einigen Anwendungsbereichen sehr beliebt, da er wärmedämmend, nicht brennbar und leicht zu verarbeiten ist. Außer Asbestzementprodukten, in denen die Fasern relativ stabil gebunden sind, wurden in Österreich auch Spritzasbest und Leichtbauplatten auf Asbestbasis in größerem Umfang als Baustoff verwendet.

Die jährlich in Österreich verarbeitete Rohasbestmenge stieg bis ca. 1970 allmählich an, dann folgte bis ca. 1988 ein allmählicher Rückgang und schließlich kam es in den letzten Jahren zu einer wesentlichen Abnahme des Asbestverbrauches. Den größten Anteil an dieser erfreulichen Entwicklung hatte die Substitution von Asbest in Baustoffen durch Naturfasern; gleichzeitig konnten auch in Anwendungsbereichen außerhalb des Bauwesens Ersatzstoffe gefunden werden. Der Rückgang in der Asbest-Anwendung wird unter anderem auch durch die Asbestverordnung (BGBl. 1990/324) getragen. Diese Asbestverordnung enthält folgende wesentliche Bestimmungen:

- ein Verbot der Herstellung, des Inverkehrsetzens und der Verwendung amphibolasbesthaltiger Güter (generelles Verbot für Blauasbest).
- für Chrysotilasbest gibt es Anwendungsbeschränkungen, z.B. Spielwaren, Kitte, Klebstoffe, Boden- und Straßenbeläge, Anstrichmittel usw.
- ein Verbot für asbesthaltige Brems- und Kupplungsbeläge - mit der Einschränkung wenn dies "technisch möglich und verkehrsrechtlich zulässig" ist.
- in § 4 Anwendungsbeschränkungen und -verbote für Asbestzementprodukte, unter anderem ein generelles Anwendungsverbot für den Hochbaubereich ab 1.1.1994.

Spritzasbest darf in Österreich seit Inkrafttreten der Allgemeinen Arbeitnehmerschutzverordnung (BGBl. 218/1983) nicht mehr verwendet werden. Ein Rückgang der Spritzasbest-Anwendung war jedoch schon vor 1983 zu verzeichnen. Bereits 1979 wurden in einem Erlaß, welcher sich auf den § 7 des Arbeitsinspektionsgesetzes stützte, wesentliche Anwendungsbeschränkungen für Spritzasbest ausgesprochen worden (HOHENBERG; 1992). Vorher wurde Spritzasbest besonders in den 60-er und 70-er Jahren in nicht mehr bestimmbarem Ausmaß zur Wärme- und Schalldämmung verwendet. Der überwiegende Anteil wurde nicht im Wohnbau appliziert, sondern z.B. in Lagerhallen, Industriebauten, Verwaltungsgebäuden etc. Auch Stahlkonstruktionen wurden mit Spritzasbest isoliert. Aufgrund der Abdeckung durch Verkleidungen, Anstriche u.dgl. und der Verwechslungsmöglichkeit mit ähnlichen, asbestfreien Baustoffen ist die Anwesenheit von Asbest in Gebäuden nicht immer sofort erkennbar.

Bei den Herstellern von Faserzement reagierte man in den frühen 70-er-Jahren zunächst mit einer schrittweisen Verringerung des Asbestgehaltes der Produkte (von ca.15 % Asbest auf ca.10 % Asbest) auf die über die Medien verbreitete "Todesfaser"-Diskussion. Schließlich kam es zu einem strategischen Neudenken; schon 1978 wurde von SCHMIDHEINY ein Forschungsprogramm zum "Ausstieg aus dem Asbest" initiiert (DYLLICK;1992). Inzwischen konnte in Österreich Asbest bei Asbestzementprodukten im Hochbau bereits vollständig substituiert werden (Letzte Produktion der "langen Wellplatte" in Österreich im Jänner 1993). Da damit das mengenmäßig wichtigste asbesthaltige Produkt nicht mehr hergestellt wird, wurde bereits 1990 nur mehr ein Bruchteil der im Jahre 1970 importierten Rohasbestmenge nach Österreich eingeführt. Ein weiterer Rückgang in den kommenden Jahren ist als Folge der Asbestverordnung und durch die stufenweise Substitution durch asbestfreie Güter - z.B. bei Brems- und Kupplungsbelägen - zu erwarten. In einigen speziellen Verwendungsbereichen (z.B. Dichtungen in Anlagen bei korrosiven Stoffen) werden aller Voraussicht nach aber weiterhin Asbestfasern verwendet.

1.1 Natürliche Vorkommen und Abbau

Große Asbestlagerstätten befinden sich in der UDSSR, in Canada und der Republik Südafrika. Abgebaut wird primär Chrysotil. Amphibol-Asbestlagerstätten sind wesentlich seltener. Krokydolith wird derzeit nur in der Republik Südafrika und in Bolivien abgebaut. Krokydolith und Amosit besitzen nur eine untergeordnete wirtschaftliche Bedeutung. Tremolit-Asbest wird nur in sehr geringen Mengen abgebaut.

Von der Weltproduktion entfallen ca. 94 % auf Chrysotil, 4 % auf Krokydolith und 2 % auf Amosit. Die Welt-Jahresproduktion an Asbest stieg zwischen 1986 und 1988 trotz der in westlichen Industriestaaten beginnenden Asbestsubstitution von 4.120.000 t auf 4.300.000 t an. Dieser immer noch zunehmende bzw. annähernd gleichbleibende weltweite Asbestverbrauch beruht auf dem verstärkten Asbest-Einsatz in Asien und Südamerika (DUNNIGAN, 1991).

1.2 Herkunft asbesthaltiger Abfälle: Stand der Technik der Asbestsanierung

Bei der Festlegung der technischen Standards für die Sanierung von Bauwerken, in denen sich schwach gebundene Asbestprodukte befinden, ist in der BRD die Technische Regel für Gefahrstoffe Nr. 519 maßgeblich. Diese beschreibt die personellen und sicherheitstechnischen Anforderungen bei der Beseitigung schwach gebundener asbesthaltiger Produkte. Diese Technische Regel wird derzeit auch in Österreich als Grundlage für Vorschriften des Arbeitsinspektors verwendet (HOHENBERG; 1992). Nach TRGS 519, Ausgabe Mai 1991 ist folgende Vorgangsweise einzuhalten (Auszug):

Grundsätzlich sollen Asbestspritzputze und andere schwach gebundene asbesthaltige Produkte in durchfeuchtetem Zustand unmittelbar von den isolierten Bauteilen abgesaugt werden.

Bei umfangreichen Arbeiten.....ist grundsätzlich in räumlich abgetrennten Bereichen zu arbeiten, d.h.:

- 1) Abtrennen des Arbeitsbereiches gegenüber den asbestfreien Bereichen, z.B. durch Folien*
- 2) Absaugen der Raumluft und Abführen über Filter ins Freie.....*

3) *Begehen des Arbeitsbereiches über Reinigungsschleusen.....*

- 4) *Nicht absaugfähige asbesthaltige oder mit Asbest kontaminierte Materialien sind im Sanierungsbereich so aufzubereiten und zu verpacken, daß eine Freisetzung von Asbestfasern vom Sanierungsort bis zur Deponie ausgeschlossen ist. Der Austrag aus kontaminierten Bereichen muß über eine Materialschleuse erfolgen, in der die Restfasern - z.B. auf Behälteroberflächen - gebunden, abgesaugt oder abgewaschen werden.*

Die TRGS enthält auch Angaben über Maßnahmen, die bei der Abfallbeseitigung zu treffen sind. Dabei werden die Kapitel "Abfallaufnahme", "Transport" und "Ablagerung" unterschieden. Die wichtigsten der unter "Abfallaufnahme" und "Transport" beschriebenen Maßnahmen sind (TRGS 519, Ausgabe Mai 1991, Auszug):

Asbesthaltige Abfälle sind am Arbeitsplatz in geeigneten Behältern so zu sammeln, daß ein Umfüllen vermieden wird. Geeignete Behälter sind z.B.:

- für feinkörnige oder gewebte Abfälle: ausreichend feste Plastikbeutel*
- für grobe oder plattenförmige Abfälle: mit Planen verschlossene Container*
- für spritzasbesthaltige Abfälle: das Entsorgungsgerät selbst*

Bei der Abfallbeseitigung ist das Entstehen von Stäuben durch geeignete Maßnahmen nach dem Stand der Technik - z.B. Absaugen, Verfestigen, Anfeuchten - zu unterbinden. Asbeststäube, z.B. aus Filteranlagen sind mit Bindemitteln (z.B. Zement) zu verfestigen.

Soweit asbesthaltige Abfälle zwischengelagert werden müssen, sind sie feucht zu halten und mit geeigneten Materialien abzudecken oder in geschlossenen Behältnissen aufzubewahren. (gekennzeichnet mit Asbest-Warnschild).....

Für den Transport asbesthaltiger Abfälle sind zur Vermeidung von Staubemissionen geschlossene Behältnisse zu verwenden.

Die Bestimmungen der TRGS 519 über die Ablagerung von asbesthaltigen Abfällen werden im Abschnitt "Behandlungsweg: Ist-Zustand" im Detail dargestellt.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Die gegenständliche Studie beschäftigt sich überwiegend mit der Schlüssel Nr. 31437 "Asbestabfälle, Asbeststäube" und nur am Rande mit dem Abfall der Schlüssel Nr. 31412 "Asbestzement". In der ÖNORM S 2101 vom 1.Dez.1983 wurde übrigens die Schlüssel Nr. 31437 abweichend von der ÖNORM S 2100 als "Asbeststaub" bezeichnet.

Die vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie herausgegebene "Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle" unterscheidet folgende asbesthaltige Abfälle:

- Produkte mit fest gebundenem Asbest (z.B. Asbestzement)
- Produkte mit schwach gebundenem Asbest, z.B. Spritzasbest, Asbestmatten, Dichtungen, asbesthaltige Gewebe
- Asbeststaub und
- mit Asbest kontaminierte Abfälle

Ausgehend von den Begriffsbestimmungen des Merkblattes "Entsorgung asbesthaltiger Abfälle" der deutschen Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) wurden ferner in der oben zitierten Richtlinie folgende Unterscheidungsmerkmale zwischen fest und schwach gebundenem Asbest genannt:

Fest gebundener Asbest: Rohdichte deutlich über 1 g/cm^3 (ca. 10 bis 15 % Asbest, restliche Menge Bindemittel)

Schwach gebundener Asbest: Rohdichte unter 1 g/cm^3 (ca. 60 % Asbestpulver, Rest Bindemittel)

Der Begriff "Asbest" selbst ist eine Sammelbezeichnung für bestimmte faserbildende bzw. haarförmige Silikatminerale, und zwar:

- A) Serpentin-asbest-Gruppe:
 - Chrysotil = Weißasbest
- B) Amphibol-asbest-Gruppe:
 - Anthophyllit
 - Amosit = Grunerit = Cumingtonit
 - Tremolit
 - Aktinolith und
 - Krokydolith = Riebeckit = Blauasbest

Der Ausdruck "Faser" wird allerdings nicht einheitlich definiert. Die ASTM (American Society for Testing Materials) definiert eine Faser als einen Festkörper, dessen Länge sich zum größten Durchmesser mindestens im Verhältnis 1:10 verhält. Andere Quotienten zwischen Durchmesser und Länge wurden von der amerikanischen EPA (1:5) und vom U.S. National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) festgelegt (1:3). (RÖDELSPERGER; 1991). In der BRD und in Österreich werden bei der Bestimmung der Faserkonzentration in Luft meistens Durchmesser:Längen-Verhältnisse $> 1:3$ dem Begriff "Faser" zugeordnet.

3. ZUSAMMENSETZUNG

3.1 Produktinformation

LOHRER W. (1980) hat die Menge und ungefähre Zusammensetzung der im Jahr 1975 in der BRD hergestellten asbesthaltigen Güter erhoben. Man beachte, daß ein Teil der damals hergestellten Güter - vor allem Gebrauchsgüter (sogenannte Immobilien) - noch in Verwendung sind und daher zur Entsorgung anstehen. Dabei handelt es sich um folgende Güter (Reihenfolge in mengenmäßiger Bedeutung, bezogen auf Asbestfrachten):

- Baustoffe und bauchemische Güter, vor allem Spritzasbest und Leichtbauplatten (z.B. "Sokalit"-Platten), aber auch Dichtungsbahnen, Kittmassen, Spachtel- und Vergußmassen, asbesthaltige Farben und bituminöse Lacke
- Fußbodenbeläge: Cushion Vinyls (=Asbestpappe) als Träger für Fußbodenbeläge und Flex-Platten
- Reibbeläge: Brems- und Kupplungsbeläge
- Textilien, Gewebe, Asbestbänder und -garne; Asbestgewebe wurde z.B. für Turbinen- und Heizkesselisolierungen verwendet
- Hochdruckdichtungsplatten
- Säurefeste Behälter
- Flammenschutzmittel, Unterbodenschutz
- spezielle Reifen (Massivreifen)

Asbestfasern wurden auch dort eingesetzt, wo sehr geringe Wärmeleitfähigkeit und große Hitzebeständigkeit gefordert ist, z.B. als Isoliermaterial in Elektro-Speichergeräten (bis 1976), in Gasbrennern und manchmal auch in Haarföns. Asbest hat sich auch in jenen speziellen Anwendungsbereichen bewährt, in denen sowohl Säurebeständigkeit als auch Hitzebeständigkeit und Elastizität gefordert wird, z.B.

- Dichtungsmaterialien, z.B. für die chemische Industrie
- Trägermaterial für Katalysatoren
- Filtrationsmittel z.B. Filtermatten

Viele der eben genannten Güter dürfen nach den Bestimmungen der Asbestverordnung (BGBI.1990/324) nicht mehr hergestellt und vertrieben werden. In jenen Fällen, in denen Ausnahmegesamstellungen bestehen bzw. keine Regelungen getroffen wurden, muß der asbesthaltige Stoff oder die asbesthaltige Zubereitung oder Fertigware deutlich als asbesthaltig gekennzeichnet werden (§ 5 Asbestverordnung; Aufkleber mit Aufschrift "Achtung enthält Asbest" und dem Symbol "a").

Vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie wird weiters alljährlich in Zusammenarbeit mit dem Kuratorium für Verkehrssicherheit ein ca. 100 Seiten umfassender Katalog der im Handel erhältlichen asbestfreien Brems- und Kupplungsbeläge herausgegeben.

3.2 Elementarzusammensetzung

Die Elementarzusammensetzung von Asbestmineralen weist im Vergleich zu anderen, häufigeren Silikatmineralien und Gesteinen keine Besonderheiten auf.

Die theoretische Summenformel für Chrysotil ist $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, wobei stets auch geringe Konzentrationen an Al, Fe, Ca und Na enthalten sind. Krokydolith kann näherungsweise durch die Summenformel $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_2\text{Fe}^{3+}_3\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ beschrieben werden.

Asbest unterscheidet sich damit kaum von anderen Silikaten; allein aus der chemischen Zusammensetzung ergibt sich noch kein Hinweis auf das vorhandene Gefährdungspotential. Die kanzerogene Wirkung von Asbest steht jedoch in unmittelbarem Zusammenhang mit der Kristallstruktur, der Spaltbarkeit und der chemischen Beständigkeit der Asbestminerale. So kommt z.B. beim Chrysotil die Faserstruktur und die leichte Spaltbarkeit dadurch zustande, daß die im Kristallgitter angrenzenden Tetraeder- und Oktaederschichten in ihren Abmessungen nicht exakt aufeinanderpassen. Als Folge dieser geringen Unterschiede der Bindungslängen chemischen Bindungen rollt sich die Schichtstruktur auf; es bilden sich hohle "Nadeln", deren Durchmesser durch die Krümmung der Silikatschichten vorgegeben ist und etwa bei 20 bis 30 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) liegt.

Die Form dieser "Nadeln" - eben der Asbestfasern - erleichtert das Eindringen in tierische oder menschliche Zellen und trägt andererseits dazu bei, daß natürliche Abwehrmechanismen bei Asbestfasern versagen. Die Fasern können also leicht in tierisches (menschliches) Gewebe eindringen und verweilen - da sie völlig unlöslich und nicht abbaubar sind - unter geeigneten Umständen jahrzehntelang im Körper. Über die dadurch ausgelösten Krankheitsbilder wird im folgenden Abschnitt berichtet.

Tabelle 1:
Mittlere Zusammensetzung von Asbestmineralen
(DUNNIGAN, 1991)

Gehalt % TS	Chrysotil	Krokydolith	Amosit
SiO_2	38,7	50,9	49,7
Al_2O_3	3,1	kein Al_2O_3	0,4
Fe_2O_3	1,6	16,9	0,03
FeO	2,0	20,5	39,7
MgO	39,8	1,1	6,4
CaO	0,9	1,5	1,0
Na_2O	0,1	6,2	0,1
K_2O	0,2	0,2	0,6

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ

Die gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Asbestinhalationen am Arbeitsplatz wurden bereits in den 20-er und 30-er Jahren bekannt (Asbestose). Wenig später wurde bereits vermutet, daß Asbest auch Lungenkrebs auslösen kann. Es folgten epidemiologische Studien; schon 1943 wurde in Deutschland Lungenkrebs in Verbindung mit Asbestose als Berufskrankheit anerkannt (DYLLICK, 1992). Im Jahre 1960 wurden auch für Bauch- und Rippfellkrebs eindeutige Nachweise der kanzerogenen Wirkung von Asbestfasern erbracht. Daß trotz dieser Tatbestände die industrielle Anwendung von Asbest später noch fortgesetzt und sogar intensiviert wurde, gilt als "grober Fehler der Industrie und der Politiker" (SPURNY, 1989). Nach der durch die Asbestgewinnung und -verarbeitung ausgelösten Welle der Erkrankungen und dem Ansteigen der Erkrankungsfälle durch den Gebrauch asbesthaltiger Produkte ist zu befürchten, daß zuletzt auch bei Personen, die bei Abbrucharbeiten oder in der Entsorgung nicht in ausreichendem Maße vor Staubexposition geschützt wurden, vermehrt Krankheitsfälle auftreten.

4.1 Grundlegende Eigenschaften und Matrixeinflüsse

Folgende Eigenschaften sind für die Umweltrelevanz von Asbestfasern oder für die Entsorgung von Asbest von Bedeutung:

	CHRYSTIL	KROKYDOLITH
Faserlänge (nm)	200-200.000	200-17.000
Faserdurchmesser (nm)	18-30	60-90
Dichte (g/cm ³)	2,4-2,6	2,8-3,4
Abspaltung von Wasser	600-780°C	610°C
Zusammenbruch der Struktur	800-850°C	800°C
Säurebeständigkeit	unbeständig	gut
Laugenbeständigkeit	gut bis befriedigend	gut
E-Modul	30.000-160.000	100.000-190.000
Karzinogenes Potential	groß	sehr groß

Grundsätzlich ist festzuhalten, daß Asbest anorganisch, wasserunlöslich und nicht reaktiv ist. Auch die wichtigsten asbesthaltigen Güter enthalten in der Regel außer Asbest nur anorganische Stoffe, z.B. anorganische Bindemittel. Immer handelt es sich dabei um Feststoffe - jedoch mit einer von der Matrix bzw. vom Bindemittel stark abhängigen mechanischen Festigkeit.

In Bezug auf die Gefahr einer Faserfreisetzung müssen selbstverständlich asbesthaltige Abfälle, die leicht Fasern freisetzen bzw. Asbestfasern selbst von anderen asbesthaltigen Abfällen unterschieden werden. Wie bereits im Abschnitt "Begriffsbestimmungen" erwähnt, sollte unterschieden werden zwischen:

- Produkten mit fest gebundenem Asbest (z.B. Asbestzement)
- Produkten mit schwach gebundenem Asbest, z.B. Spritzasbest, Asbestmatten, Dichtungen, asbesthaltige Gewebe

- Asbeststaub und
- mit Asbest kontaminierte Abfälle

Das Gefährdungspotential hängt aber auch von der Größe und dem (Bau-)Zustand des zu entsorgenden Objektes bzw. Gegenstandes ab; generell muß bei der mechanischen Bearbeitung asbesthaltiger Baustoffe, beim Abbruch und in der Asbestentsorgung danach getrachtet werden, möglichst keinen Staub freizusetzen. Diese Forderung kann bei Asbestzement leichter erfüllt werden als z.B. bei Spritzasbest.

Besondere Vorkehrungen und besondere Umsicht müssen in jedem Fall dort getroffen werden, wo Objekte mit schwach gebundener Asbest repariert, abgebrochen oder entsorgt werden sollen. Der Zustand von Spritzasbest in Gebäuden ist bzw. war teilweise so schlecht, daß z.B. Turnhallen oder andere Bauwerke mit sensibler Nutzung nach Bekanntwerden der Gefahr sofort geschlossen werden mußten.

4.2 Wirkung von Asbest als Luftschadstoff

Asbest kann - besonders wenn erhöhte geogene oder anthropogene Faserkonzentrationen in der Atemluft über längeren Zeitraum nicht vermieden wurden - im Wesentlichen drei Erkrankungen hervorrufen, nämlich Asbestose ("Staublunge"), Bronchialkarzinome ("Lungenkrebs") und Mesotheliome (Bauch- und Rippfellkrebs). Mit hoher Priorität wird daher in vielen Ländern Asbest zu den wichtigsten bzw. gefährlichsten Luftschadstoffen gerechnet.

Asbestfasern werden bei der Einatmung faserhaltiger Luft teilweise in den Nasenschleimhäuten, im Rachen, in den Bronchien und der Lunge zurückgehalten. Auch wenn nur ein geringer Anteil der Fasern endgültig im menschlichen Körper verbleibt so kann durch die Langlebigkeit der Fasern - oft auch nach längerer Zeit - eine irreversible Schädigung des Gewebes hervorgerufen werden. Chrysotil-Fasern werden besser ausgeschieden als Krokydololith, sodaß Krokydololith ein größeres karzinogenes Potential aufweist als der häufiger verwendete Chrysotil.

FISCHER M.(1991) schreibt zu diesem Thema:

Die Asbestose ist eine langsam fortschreitende, chronische Bindegewebsvermehrung (Fibrose) als Reaktion des Lungengewebes auf die aufgenommenen Asbestfasern. Die Schwere der Erkrankung hängt von der Dauer und Intensität der Asbeststaubexposition ab. Bei Umweltkonzentrationen ist nicht mit der Entstehung einer Asbestose zu rechnen.

Das Bronchialkarzinom ist die häufigste Krebsform des Mannes in Industrieländern und überwiegend auf äußere Einflüsse (Rauchen, Radon, berufliche Faktoren) zurückzuführen. Eine Asbestose ist nicht als notwendige Voraussetzung eines asbestbedingten Bronchialkrebses anzusehen; dagegen wirken Rauchen und Asbest bei der Entstehung des Lungenkrebses zusammen. Die Latenzzeit beträgt mindestens 10 - 15 Jahre.

Das Mesotheliom ist eine seltene Krebsform (weniger als 0,04 % aller Todesfälle in den USA), sein Auftreten gilt als Signal einer Asbestbelastung. Die Latenzzeit beträgt mindestens 20 - 30 Jahre; die Prognose ist äußerst ungünstig. Bei reiner Chrysotilbelastung ist die Meso-

theliomgefahr wahrscheinlich erheblich geringer als nach Einatmung der anderen Asbestarten.

Derzeit sind etwa 2/3 aller entschädigten, berufsbedingten Krebserkrankungen in Deutschland asbestbedingt,....."

Beim Umgang und bei der Entsorgung asbesthaltiger Abfälle müssen daher die entsprechenden Vorkehrungen gegen Staubinhalation getroffen werden.

4.3 Asbest im Trinkwasser

Asbest ist im Grunde genommen ein nicht giftiger Stoff - eben weil er völlig wasserunlöslich und anorganisch ist. Bei den Überlegungen, ob Asbest im Trinkwasser einer Gesundheitsgefährdung gleichzusetzen ist, muß man einerseits die Wirkung einer oralen Aufnahme andererseits aber auch die Möglichkeit einer indirekten Exposition, die infolge der Verdunstung oder Vernebelung des Wassers eintreten kann, berücksichtigen (= der Luftpfad).

Orale Aufnahme:

Im Tierversuch wurde selbst bei exorbitant hoher Konzentration im Futter bisher keine Kanzerogenität von oral aufgenommenem Asbest registriert. Auch die umfangreichen epidemiologischen Studien, die in den USA und in Canada durchgeführt wurden, konnten bis heute keinen endgültigen Beweis für ein Krebsrisiko im Magen-Darm-Trakt durch in Flüssigkeiten suspendierte Asbestfasern liefern (MARFELS, 1991).

Einatmung nach Verdunstung oder Vernebelung

In den USA wurde von einem Fall berichtet, bei dem durch besonders weiches Wasser Asbestzement-Trinkwasserrohre so stark korrodierten, daß das Wasser bereits mit bläulichem Schimmer aus der Dusche floß (MARFELS, 1991). Im Rahmen einer umfangreichen Studie, die vom New York State Dept. of Health in Auftrag gegeben worden war, wurden in den an diese Wasserleitungen angeschlossenen Wohnungen erhöhte Faserkonzentrationen in der Raumluft festgestellt. Die Faserfreisetzungen dürften in erster Linie auf die Verwendung des Wassers für Reinigungszwecke (Fußböden..) und auf das Versprühen in Luftbefeuchtungsgeräten zurückzuführen sein. Letzteres ist bei asbestbelastetem Wasser zu vermeiden. Anzumerken ist daß eine derart hohe Asbestfaserbelastung des Trinkwassers z.B. in der BRD bisher niemals anzutreffen war. Auch in Österreich ist kein vergleichbarer Fall bekannt.

Mobilität der Fasern im Deponiekörper und Untergrund

Asbestfasern sind wasserunlöslich, kristallin und mechanisch filtrierbar und daher im Vergleich zu anderen Abfallinhaltsstoffen kaum mobil. Ausschwemmungen sind nur dort möglich, wo Asbestfasern nicht gebunden vorliegen und außerdem die Strömungsgeschwindigkeit ausreichend groß ist. Ein Transport der Fasern ist somit bei der derzeitigen Praxis der Ablagerung in hydraulisch bzw. organisch gebundener Form bei gleichzeitiger Überschüttung durch andere Abfälle unwahrscheinlich.

5. ABFALLMASSEN

Vom österreichischen statistischen Zentralamt wurde im Jahre 1991 ein Versuch der Quantifizierung des Aufkommens an asbesthaltigen Gütern unternommen (GERHOLD, 1991). Dabei wurden ausschließlich die nach 1954 aufgezeichneten Daten verwendet, und zwar:

- die heimische Industrieproduktion an asbesthaltigen Gütern seit 1954
- die Importe und Exporte seit 1959
- der Verbrauch von Rohasbest in der Industrie seit 1969

Die Inlandsproduktion an asbesthaltigen Gütern zwischen 1965 und 1990 lag jährlich zwischen 170.000 t/a und 350.000 t/a, wobei Asbestzementprodukte den weitaus überwiegenden Anteil darstellten. Etwa 95 % der Inlandsproduktion entfielen in dieser Zeit auf Platten, Rohre und Formstücke aus Asbestzement. Der Außenhandel ist im Vergleich zur Inlandsproduktion relativ gering, wenn man die Gesamtmasse der asbesthaltigen Güter betrachtet. Bei einzelnen Posten kann ein deutlicher Export- oder Importüberschuß in der Außenhandelsstatistik vorhanden sein, z.B. wurden im Jahre 1989 laut Außenhandelsstatistik 854 t asbesthaltiger Bremsbeläge importiert und nur 92 t exportiert. Allein aus der Außenhandelsstatistik kann jedoch keine Schätzung der Abfallmengen abgeleitet werden, da der weitere Verbleib und auch die Inlandsproduktion spezifischer asbesthaltiger Güter unbekannt ist.

Ein interessanter Ansatz zur Abschätzung der Massen der schwach gebundenen asbesthaltigen Baustoffe geht von der Tatsache aus, daß Rohasbest in Österreich nicht abgebaut wird, d.h. Rohasbest wird praktisch zu 100 % - und zwar größtenteils aus Canada - importiert. Weiters ist bekannt, daß Rohasbest zum überwiegenden Anteil in der Stein- und Keramikindustrie verwendet wurde. Nur ein geringer Anteil wurde von der chemischen Industrie in Österreich benötigt (Daten aus GERHOLD, 1991):

ROHASBEST - VERBRAUCH (t)	1970	1975	1980	1985	1988
Stein- und Keramikindustrie	24.391	30.314	22.929	17.956	14.479
Chemische Industrie	1.884	547	193	70	47
Summe Österreich	26.275	30.861	23.122	18.026	14.526

Wäre nur die Inlandsproduktion an Asbestzement und der mittlere Asbestgehalt der Asbestzementprodukte genau bekannt, so könnte auch die Asbestfracht der "Nicht-Asbestzement-Produkte" in der Stein- und Keramikindustrie errechnet werden. Leider kann die Asbestfracht aber nur grob geschätzt werden:

Asbest	1970	1975	1980	1988
Inlandsproduktion asbesthalt. Produkte	25.4500	290.000	265.500	185.000
90 bzw. 95 % davon = geschätzte Asbestzementproduktion	229.000 (90 %)	275.500	252.000	175.800
Asbestfracht für Asbestgehalt = 10 % in Asbestzementprodukten	22.900	27.500	25.200	17.600
Rohasbest-Verbrauch in der Stein- und Keramikindustrie gesamt	24.400	30.300	22.900	14.500
Differenz	1.500	2.800	-2.300	-3.100

Die Differenz aus der geschätzten Asbestfracht der Asbestzementprodukte und dem Rohasbest-Verbrauch in der Stein- und Keramikindustrie ist teilweise negativ. Somit ist dieser Versuch einer Abschätzung gescheitert.

GNILSEN (1991) hat ebenfalls darauf hingewiesen, daß die Menge schwach gebundener Asbest-Baustoffe, die in der Vergangenheit verwendet wurde, nur mit großer Ungenauigkeit abgeschätzt werden kann. Er zitiert eine Schätzung, nach der in der BRD rund 10 % des Rohasbestes in Gütern mit schwach gebundenem Asbest verwendet wurden. Legt man diesen Prozentsatz zugrunde, dann wären z.B. in Österreich in den 70-er Jahren etwa 3000 t Asbest pro Jahr in Gütern - und zwar vorwiegend Baustoffen - mit schwach gebundenem Asbest eingebaut worden. GNILSEN weist aber darauf hin, daß andererseits in Österreich der Anteil von Stahlhochbauten an der gesamten Bausubstanz relativ unbedeutend ist, sodaß zumindest die in Spritzasbest eingebaute Asbestfracht deutlich geringer sein dürfte.

5.1 Umfrage bei den Mitgliedern des VASÖ

Aufgrund der mangelhaften Datengrundlage über die Mengen der schwach gebundenen asbesthaltigen Abfälle wurde im Juli 1992 von unserem Institut eine Umfrage zur Entsorgung dieser Abfälle eingeleitet. Dem Verband der Asbestsanierungsunternehmen in Österreich (VASÖ) ist es zu verdanken, daß unser Institut die für die Erstellung dieser Studie wichtigen Adressen der VASÖ-Mitglieder erhielt. Der dabei ausgesandte Fragebogen enthielt Fragen über:

- Art und Menge der sanierten Objekte (Bauteile) 1990 bis 1992
- Abfallmassen aus der Sanierungstätigkeit 1990 bis 1992
- Art der Konditionierung bzw. Verfestigung
- Verbleib der Abfälle (Deponietypen)

und auch über

- Probleme bei der Entsorgung

Es wurden 15 Fragebögen ausgesandt; weiters wurden zahlreiche Telefongespräche mit den Asbestsanierungsunternehmen geführt. Trotz anfänglich teilweise vorhandener Skepsis war die Beteiligung am Schluß überwältigend. Von allen 15 befragten Unternehmen trafen Rückmeldungen ein ! Die Ergebnisse der Umfrage werden in den nun folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 2:
Umfrage-Ergebnisse: Gesamt-Abfallmengen 1990 - 1992;
Abfälle aus der Beseitigung von schwach geb. Asbest

Asbestsanierer Code Nr.	Masse (t) 1990	Masse (t) 1991	Masse (t) 1992	Bemerkungen: Stand: 1.10.1992
Nr.1	0	0	0	bisher keine Sanierung
Nr.2	gering	gering	0	
Nr.3	0	0	0	keine Sanierung durchgeführt
Nr.4	26	35	0	
Nr.5	0	0	0	bisher keine Sanierung
Nr.6	0	0	100	Jänner bis September 1992
Nr.7	0	172	100	nur erstes Halbjahr 1992
Nr.8	203	140	44	nur erstes Halbjahr 1992
Nr.9	0	0	0	bisher keine Sanierung
Nr.10	260	270	72	nur erstes Halbjahr 1992
Nr.11	45	80	46	nur erstes Halbjahr 1992
Nr.12	0	210	326	Jänner bis September 1992
Nr.13	0	12	0	
Nr.14	0	0	1	
Nr.15	0	0	48	Jänner bis August 1992
Erhobene Menge(t)	534	919	-	Gesamtmenge Österreich
Hochrechnung 1992(t)	-	-	1180	

Tabelle 3:
Umfrage-Ergebnisse: Abfallmengen 1990-1992
a) Spritzasbest und Leichtbauplatten
b) andere schwach gebundene asbesthaltige Abfälle

Asbest- sanierer Code-Nr.	Spritzasbest und Leichtbau- platten			Andere schwach gebundene asbesthaltige Abfälle		
	Masse (t) 1990	Masse (t) 1991	Masse (t) 1992*)	Masse (t) 1990	Masse (t) 1991	Masse (t) 1992*)
Nr.2	0	0	0	gering	gering	0
Nr.4	26	35	0	0	0	0
Nr.6	0	0	100	0	0	0
Nr.7	0	ca. 160	ca. 90	gering	gering	gering
Nr.8	ca.190	ca.130	ca.40	1990-1992 insges. ca.25		
Nr.10	250	230	70	10	40	2
Nr.11	45	80	46	fast 0	fast 0	fast 0
Nr.12	0	210	326	0	0	0
Nr.13	0	12	0	0	0,5	0
Nr.14	0	0	0	0	0	0,6
Nr.15	0	0	48	0	0	0
Summe (t)	510	860	720*)	1990-1992 insges. ca.150 (Schätzung)		

*) nur erstes Halbjahr 1992 bzw. bis August/September 1992.

5.2 Masse für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan

Aufgrund der zu erwartenden verstärkten Bemühungen um eine Beseitigung schwach gebundener Baustoffe aus Bauwerken dürfte in den kommenden Jahren die Menge der mit Zement verfestigten Asbestabfälle und Asbeststäube zwischen 1000 und 1500 t/a liegen.

Die Menge der mit Restfaserbindemittel behandelten Asbestabfälle ist schwer abzuschätzen, dürfte aber 100 t/a nicht überschreiten.

Weitaus größere Mengen sind durch die Erneuerung von Dachflächen, Fassaden u.dgl. bei Asbestzement zu erwarten. Die jährliche Abfallmenge kann mit mindestens 35.000 t/a beziffert werden.

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN (GEMÄSS ABFALLKATALOGEN)

Laut. ÖNORM S 2100: Deponie nach Konditionierung.

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG

7.1 Einschlägige Bestimmungen betreffend Asbestentsorgung

Die Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle des BMfUJuF (Mai 1992) regelt die Sanierung von asbestbelasteten Gebäuden und Objekten und die Entsorgung asbesthaltiger Abfälle, insbesondere:

- Das Entfernen von Asbestzement von Dächern und Fassaden
- Den Austausch asbesthaltiger Elektro-Speicherheizgeräten
- Die Konditionierung, Verpackung, Zwischenlagerung und den Transport asbesthaltiger Abfälle
- Die Ablagerung asbesthaltiger Abfälle
- Die Frage der Begleitscheinplicht für zementverfestigte und mit Restfaserbindemittel behandelte, schwach gebundene Asbestprodukte.

Nach dieser Richtlinie muß Spritzasbest und Asbeststaub grundsätzlich am Anfallort mit hydraulischen Bindemitteln verfestigt werden. Leichtbauplatten, Schnüre, mit Asbestfasern kontaminierte Abfälle wie Folien, Teppiche, Einweganzüge u.dgl. sind mit Restfaserbindemittel zu behandeln und in reißfeste Kunststoffsäcke zu verpacken (zweilagig). Bauschuttzubereitungsanlagen und Müllverbrennungsanlagen dürfen nach der Richtlinie keine asbesthaltigen Abfälle übernehmen; Deponien müssen "grundsätzlich sämtliche asbesthaltige Abfälle in ein eigenes Kompartiment einbauen." Der vollständige Text des Abschnittes V der Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle liegt als Anhang bei.

Betreffend die Zuordnung konditionierter bzw. verfestigter asbesthaltiger Abfälle stellt die Richtlinie fest, daß zementgebundener Asbest und somit auch asbesthaltige gefährliche Abfälle, die mit Zement verfestigt wurden, nicht begleitscheinpflchtig sind (Begleitscheinverfahren nach § 19 AWIG und Abfallnachweisverordnung wird nicht gefordert). Dagegen werden schwach gebundene Asbestprodukte und Abfälle, die mit Restfaserbindemittel behandelt wurden, als begleitscheinpflchtig betrachtet. Auf den Begleitscheinen ist auch der Ort der Asbestsanierung anzugeben.

Erlaß des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie vom 30. März 1992 betreffend die Sanierung von asbestbelasteten Gebäuden ("Erlaubnispflicht für Asbestbehandler", Zl. 08 3504/37-V/4/92-GL.):

In diesem Erlaß wird die Genehmigung, die Abfallsammler und -behandler gemäß § 15 Absatz 4 AWIG für gefährliche Abfälle benötigen an Auflagen (insgesamt 23 Unterpunkte) gebunden. Für die Entsorgung von Interesse ist, daß der Erlaß fordert daß:

- Spritzasbest und Asbeststaub mit Zement und Wasser einzubinden sind

- Spritzasbest und Asbeststaub nur in zementgebundener Form entweder breiig in dichten Containern oder in Blockform und entsprechend verpackt zu transportieren sind
- Die Blöcke sowie der Zementbrei nach 7 Tagen eine Druckfestigkeit von mindestens 8 N/mm^2 aufweisen sollen.

Der Erlaß enthält auch Angaben über die zulässige Verpackung und den Transport von Abfällen, die mit Restfaserbindemitteln behandelt wurden. Die diesbezüglichen Aussagen decken sich weitgehend mit der im Anhang A wiedergegebenen Richtlinie (BMUJF, 1992).

Derzeit sind auch zwei ÖNORMEN zum Thema Asbest in Ausarbeitung. Die ÖNORM M 9405, die sich mit der Messung von Asbestfaserkonzentrationen in Luft beschäftigt, liegt bereits als Entwurf vor und dürfte noch vor Ende 1992 verabschiedet werden. Auch für die ÖNORM M 9406 "Umgang mit schwach gebunden asbesthaltigen Produkten" ist eine Fertigstellung bis Jahresende geplant; derzeit liegt ein Normenvorschlag vor. Nach dem derzeitigen Stand der Diskussion über den Inhalt dieser Norm sollen abgesaugte asbesthaltige Produkte am Anfallort verfestigt werden. Dabei wird gefordert, daß das Verfestigungsprodukt so manipulierbar sein soll wie Beton der Qualität B 80 gemäß ÖNORM B 4200. Ausgebaute asbesthaltige Produkte sowie sonstige asbestkontaminierte Abfälle (z.B. Filter, Schutzanzüge) sind am Anfallort zu verpacken. Eine Ablagerung ist nur in konditionierter Form zulässig; nähere Angaben zur Ablagerung sind nachzeitigem Stand in der ÖNORM M 9406 nicht enthalten.

In der BRD wird der Umgang mit Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten durch die Technische Regel für Gefahrstoffe Nr. 519 (TRGS 519) geregelt. Der Text des Abschnittes 7.6.3 der TRGS 519, der sich mit der Ablagerung befaßt, lautet (TRGS 519, Ausgabe Mai 1991):

Bei der Ablagerung von Asbest oder asbesthaltiger Materialien, Abfällen oder Flüssigkeiten auf dafür zugelassene Deponien sind diese in Absprache mit den örtlich zuständigen Abfallbehörden so zu behandeln, zu verpacken und abzudecken, daß kein Asbestfeinstaub in die Umwelt gelangen kann.

Spritzasbest und ähnlich schwach gebundene Asbestabfälle sind für das Deponieren mit hydraulischen Bindemitteln (z.B. Zement) am Anfallort zu binden. Feinkörnige oder gewebte Abfälle in geringen Mengen können ohne Bindung deponiert werden, wenn sie sofort auf der Deponie überbrückt werden.

Abfälle mit festgebundenen Asbestfasern (z.B. feste Asbestabfälle und grobstückige Teile aus Asbestzement) sind zur Vermeidung von Staubentwicklungen bis zur Ablagerung feucht zu halten.

Die "Richtlinie des Rates vom 19. März 1987 zur Verhütung und Verringerung der Umweltverschmutzung durch Asbest" der europäischen Gemeinschaft (87/217/EWG) enthält in Artikel 8 folgende Bestimmung:

Bei der Ablagerung von asbestfaser- oder asbeststaubhaltigen Abfällen auf den zugelassenen Deponien sind Maßnahmen zu setzen, daß diese Abfälle unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten so behandelt, verpackt oder abgedeckt werden, daß keine Asbestteilchen in die Umwelt gelangen können.

Dazu ist anzumerken, daß ein Abdecken "unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten" als Alternative zur Behandlung und Verpackung - sieht man von der Ablagerung von Asbestzement ab - nicht mehr als Stand der Technik anzusprechen ist.

Der von der EG-Kommission im Herbst 1977 vorgelegte Entwurf einer "Asbestbeschränkungs- oder Asbestverbotsrichtlinie" (DYLLICK; 1992) dürfte nicht in Kraft getreten sein. Offiziell ist derzeit sogar noch die Verwendung von Spritzasbest in der Europäischen Gemeinschaft - wenn man von den Gesetzen der Mitgliedsstaaten absieht - zulässig.

7.2 Praxis der Ablagerung; Konditionierung laut Umfrageergebnis

Die an die VASÖ-Mitglieder gerichtete Umfrage hat die große Verunsicherung über die Umweltverträglichkeit der Ablagerung asbesthaltiger Abfälle, die zumindest bis zur Herausgabe der Asbest-Richtlinie (1992) vor allem bei Deponiebetreibern geherrscht hat, nochmals deutlich gezeigt. Die Situation in Österreich ist derzeit dadurch gekennzeichnet, daß Deponien für Baurestmassen (Bauschuttdeponien) unterschiedliche technische Standards aufweisen. Für Siedlungsabfall-Deponien existieren einigermaßen einheitliche Anforderungen an Standort, Deponietechnik und Betrieb. Im Normalfall dürfen Bauschuttdeponien und auch Siedlungsabfall-Deponien keine gefährlichen Abfälle übernehmen. Die Gefährlichkeitsdefinition des Abfallwirtschaftsgesetzes, welche die in der ÖNORM S 2101 (Ausgabe 1983) aufgezählten Abfälle inkludiert, ließ die Frage offen, ob verpackte und/oder konditionierte schwach gebundene asbesthaltige Abfälle als "gefährlicher Abfall" anzusehen sei. Mit der Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle des BMfUJuF (Mai 1992) dürften diese Unklarheiten endgültig beseitigt sein (siehe Anhang A). Weiterhin ist aber zu erwarten, daß manche Deponiebetreiber im eigenen Ermessen die Übernahme asbesthaltiger Abfälle ablehnen werden. Nicht selten wird auch die Annahme von Asbestzement verweigert.

Die Umfrage hat auch ergeben, daß die Hauptmasse asbesthaltiger Abfälle, die von befugten Asbest-Sanierungsunternehmen aus Baulichkeiten entfernt wurden, aus Spritzasbest besteht, der noch bei der Gebäudesanierung mit Zement und Wasser verfestigt wird. Nur ein geringer Anteil wird mit Restfaserbindemittel - also organisch-polymer - gebunden und/oder verpackt:

Tabelle 4:
Behandlung bzw. Konditionierung schwach gebundener asbesthaltiger Abfälle in Österreich,
1990 - 1992.

Asbest- beseitiger	Art des Asbestabfalls	Behandlung, Konditionierung bzw. Verpackung
Code- Buchst.		
A	Asbestgewebe und -schnüre	Restfaserbindemittel und anschließend Verpackung, zu 100 %
B	Spritzasbest + Leichtbauplatten	Zement, zu 100 %
C	Spritzasbest	Zement, zu 100 %
D	Leichtbauplatten	Verpackung, überwiegend Zement, teilweise Restfaserbindemittel, teilweise
E	Spritzasbest + Leichtbauplatten + Asbestputz	Zement, gesamt etwa 60 % Verpackung, gesamt etwa 40 % Restfaserbindemittel, sperrige Abf.
F	vorwiegend Spritzasbest	Zement, zu 100 %
G	Spritzasbest	Verpackung (1990/1991), zu 100 % Zement (1992), zu 80 %
H	Spritzasbest	Zement, zu 100 %
I	Spritzasbest (Krokydolith)	Zement, zu 100 %
J	Asbest aus Elektrospeichergeräten	Zement, zu 100 %
K	Spritzasbest (Turbinenisolierung)	Zement, zu 100 %

Größere Mengen (ca. 270 t) nicht mit Zement gebundenen Materials wurden in einem Fall auf einer speziell dafür genehmigten Monodeponie abgelagert; von zwei Asbest-Sanierungsunternehmen wurden verpackte Abfälle zu Mülldeponien verbracht, im übrigen wurde immer mit Zement oder Restfaserbindemittel abgebunden.

Sieht man von den in einem späteren Abschnitt erwähnten Mißständen bei der Entsorgung asbesthaltiger Abfälle ab, so wird bei der derzeitigen Praxis der Ablagerung vor allem bei Abfällen aus der Gebäudesanierung - unter der Voraussetzung daß diese Sanierung durch befugte Asbest-Beseitiger durchgeführt wurde - so umsichtig vorgegangen, daß kaum mit Faserfreisetzungen zu rechnen ist. Auf die spezifische Gefahr, die durch Asbestfasern besteht, kann immer dort reagiert werden, wo auch die Anwesenheit von Asbest erkennbar ist bzw. durch die Begleitscheinpflcht erkennbar gemacht werden muß. Eher problematisch sind in dieser Hinsicht gemischte Baurestmassen mit hohem Asbestzement-Anteil oder mit verborgenem Spritzasbest

zu betrachten auch wenn es sich dabei um das Gemenge anorganischer, inerter Baurestmassen handeln sollte. Dabei kann auch eine absichtliche Vermengung nicht ausgeschlossen werden.

7.3 Restfaserbindemittel

Restfaserbindemittel werden hauptsächlich dort angewendet, wo es gilt, an Wänden und Decken, von denen Spritzasbest entfernt wurde, noch haftende Asbestfasern (=Restfasern) in unschädlicher Form einzubinden. Diese organischen Konditionierungsmittel können aber auch für das Fixieren von Asbestfasern an mobilen Gegenständen, die mit Asbest kontaminiert sind, verwendet werden. Auch für die Versiegelung von Spritzasbest, der nicht entfernt werden muß oder werden kann, verwendet man bisweilen Restfaserbindemittel. Die Hersteller der Restfaserbindemittel unterscheiden dabei "umhüllende", "beschichtende" und "penetrierende" Bindemittel.

- "Umhüllende" Restfaserbindemittel werden als Untergrund nach dem Entfernen des Spritzasbestes verwendet. Auf den ausgehärteten Untergrund können andere Beschichtungen aufgetragen werden.
- "Beschichtende" Restfaserbindemittel können dort aufgetragen werden, wo die Spritzasbestschicht noch völlig intakt ist und im Raum belassen werden kann. Oft wird danach zusätzlich eine Trennschicht - z.B. Gipskartonplatten - aufgebracht.
- "Penetrierende" Restfaserbindemittel sind von geringer Viskosität, dringen daher in den Spritzasbest ein und verfestigen den Spritzasbest durch Aushärtung in den Poren. Auch diese Methode wird bei Sanierungsarbeiten verwendet. Oft wird zusätzlich ein beschichtendes Restfaserbindemittel aufgebracht.

Restfaserbindemittel werden im Airless-Spritzverfahren aufgebracht - also aufgesprüht - und eventuell nachgerollt oder gestrichen. In Österreich wurden - so die persönliche Mitteilung eines Branchen-Insiders - bisher hauptsächlich die Bindemittel der "PRODISOL"-Reihe verwendet. PRODISOL-Restfaserbindemittel werden von der T.I.B. Chemie in Mannheim hergestellt. Es handelt sich hierbei um wasserlösliche Dispersionen auf der Basis organischer Polymere, z.B. Acrylcopolymerisate, VA-Mischpolymerisate (VA=Vinylacetat) und Styrol-Acrylsäureester. Diese Polymere werden auch generell für Beschichtungen (z.B. Dispersionsfarben) in weitaus größerem Umfang verwendet:

Marke	Prodisol AV 10 Prodisol AV 11 Prodisol AV 12	Prodisol AV 20	Icosit Asbesto Primer	Icosit Asbest Seal
Vertrieb durch	T.I.B.Chemie, Mannheim	T.I.B.Chemie, Mannheim	Avenarius-Agro Wien	Avenarius-Agro Wien
Typ	penetrierend	beschichtend	penetrierend	beschichtend
Basis	Acrylsäure- ester-Styrol- Copolymerisat	Vinylacetat- Ethylen- Copolymerisat	Zweikompo- nenten- Epoxidharz	Mischpolymer- Dispersions- basis
Dichte ca.	1,0 g/cm ³	1,4 g/cm ³	1,1 g/cm ³	1,3 g/cm ³

Mit Restfaserbindemittel fixierte Fasern können nicht mehr durch Luftbewegung, durch Erschütterungen oder durch begrenzte mechanische Beanspruchung freigesetzt werden. Die Bindemittel können folglich auch dazu verwendet werden, mobile Gegenstände, denen als Folge von Gebäudesanierungsmaßnahmen Asbestfasern anhaften, so zu behandeln, daß diese beim anschließenden Transport oder bei der Ablagerung nicht oder nicht mehr sofort Fasern emittieren. Nach den Angaben der befugten Asbestsanierungsunternehmen wurden in Österreich in den letzten Jahren z.B. folgende Gegenstände bzw. Abfälle mit Restfaserbindemittel behandelt:

- asbesthaltige Mineralwolle
- Asbestschnüre
- Asbestgewebe (Isolation von Turbinen)
- asbesthaltiger Sperrmüll
- Folien, die bei der Sanierung verwendet wurden
- bei der Sanierung kontaminierte Bodenbeläge (Teppiche) und Tapeten
- Schutzanzüge

Insgesamt handelt es sich dabei nur um geringe Mengen (siehe Abschnitt 7.2). Dagegen wurde Spritzasbest selbst in den meisten Fällen mit Zement verfestigt; Leichtbauplatten wurden entweder mit Zement verfestigt, lose verpackt oder nach Auftragen von Restfaserbindemittel verpackt.

7.4 Thermische Behandlung

Asbestverschmutzte Transportfilze und Verpackungsmaterialien aus Polypropylen und Polyethylen, die bei der Erzeugung von Asbestzement anfielen, wurden in der Vergangenheit in einem Drehrohrofen bei hohen Temperaturen verbrannt (TEUFL, 1985). Die Asbestminerale werden dabei thermisch zersetzt. Mit der stufenweisen Substitution von Asbest in Faserzementprodukten wird auch diese Entsorgung stillgelegt.

7.5 Chemische Behandlung (chemische Zersetzung)

Eine chemische Behandlung, bei der Asbest chemisch umgewandelt oder zerstört wird, wird derzeit in Österreich nicht durchgeführt.

7.6 Entsorgung von Elektro-Speicherheizgeräten

Diese Geräte können asbesthaltige Zubereitungen speziell im sogenannten Kernsteinträger enthalten. Die überwiegende Zahl der vor 1977 hergestellten Geräte enthält Asbest. Eine umfangreiche Liste der potentiell asbesthaltigen Gerätetypen ist beim Österreichischen Fachverband der Elektroindustrie erhältlich.

Elektro-Nachtspeicherheizungen, die Asbest als Isoliermaterial enthalten, werden in feuchtem Zustand oder in einem geschlossenen, mit Absaugung versehenem Raum zerlegt. Der dabei anfallende Asbestbrei wird mit Zementwasser verfestigt; Metallteile und Steine können wiederverwendet werden. Diese Serviceleistung der Zerlegung und Entsorgung von Nachtspeicherheizungen wird in Österreich von wenigen Spezialisten angeboten. In der BRD entwickelte ein Betrieb in Emmerdingen eine mobile Entsorgungsstation, in der Elektro-Speichergeräte zerlegt und von Asbest befreit werden.

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN

8.1 Vermeidung

Grundsätzlich können bei langlebigen Gütern, die jetzt nicht mehr hergestellt oder in Verkehr gesetzt werden, höchstens noch durch die Verlängerung der Nutzungsdauer die jährlichen Abfallmassen verringert werden. Insgesamt kann jedoch die "Last der Vergangenheit" nicht einfach ausradiert werden.

Produktions- und Anwendungsverbote, die durch die Asbestverordnung (BGBl.324/1990) in den Jahren 1991 bis 1994 wirksam wurden bzw. noch werden, haben eine wichtige Funktion und auch Signalwirkung für die Vermeidung asbesthaltiger Güter. Die Asbestverordnung enthält eine Liste von ca.20 verschiedenen Gütern bzw. Anwendungsbereichen für Asbest, die nicht oder nur mehr unter gewissen Voraussetzungen hergestellt, in Verkehr gesetzt und verwendet werden. Prinzipiell wäre nach § 14 des Chemikaliengesetzes (BGBl. 326/1987) ein vollständiges Verbot von Asbest möglich. Dieses vollständige Verbot von Asbest bis zum Jahre 2000 wird in einigen Ländern ernsthaft diskutiert (SPURNY K., 1989). Auch DORMAGEN (1992) kommt zu dem Schluß, daß Asbest mit Ausnahme ganz weniger spezieller Anwendungsbereiche - z.B. als Diaphragma in der Chloralkali-Elektrolyse - vollständig substituierbar ist. Umfangreiche Listen und Studien über die technologischen Möglichkeiten der Substitution und auch über die Toxikologie von Ersatzfasern existieren; die Ersatzstoffe sind entweder als weniger lungengängig oder aus anderen Gründen weniger toxisch (DORMAGEN, 1992).

Asbestzementprodukte für den Hochbau wurden ab 1990 allmählich durch asbestfreien Faserzement ersetzt. Zuletzt wurde nur noch die sogenannte "lange Wellplatte" bis inklusive Jänner

1993 hergestellt. Die Produktion ist bereits ausgelaufen; die maximal mögliche Vermeidung asbesthaltiger Abfälle im Hochbaubereich ist damit bereits erreicht.

8.2 Perspektiven: Verwertung, Behandlung und Entsorgung

8.2.1 Verwertung

Wenn in Bezug auf Asbest eine umweltpolitische Strategie gewählt wird, die auf eine Abwesenheit von Asbest in allen kurz-, mittel- und langlebigen Gütern abzielt, dann wird selbstverständlich auch keine Verwertung von Asbest mehr möglich sein. Derzeit ist eine solche Verwertungsmöglichkeit ohnehin nicht bekannt; im Gegenteil, asbesthaltige Abfälle sind bei der Verwertung von Baurestmassen ein Störfaktor, der besonders dort, wo Baurestmassen zerkleinert oder sonstwie mechanisch aufbereitet werden, für das in der Bauschutttaufbereitung tätige Personal gefährlich werden kann. Zu fordern ist daher ein Verbot des Einbringens jeglicher Art asbesthaltiger Abfälle in Aufbereitungsanlagen. Einschlägige Bestimmungen bzw. gesetzliche Regelungen sind inzwischen in einigen Bundesländern in Vorbereitung (z.B. in Wien, persönl.Mitlg. Hr. SCHWARZÄUGL, MA22).

8.2.2 Verfestigung mit Zement

Als Behandlungsmöglichkeit, bei der die Asbestfasern zwar nicht zerstört, aber in eine ungefährliche - weil dauerhaft immobile - Form überführt werden, hat sich die Verfestigung mit Zement und Wasser bereits bewährt. Das Produkt der Verfestigung kann auch in Baurestmassen- und Inertstoffdeponien abgelagert werden (siehe auch Abschnitte 8.2.5 und 8.2.6).

8.2.3 Thermische Behandlung

Grundsätzlich ist eine thermische Behandlung - eventuell auch nach Konditionierung mit Restfaserbindemittel - möglich, da sich die Asbest-Schichtsilikate ab ca. 600°C zu zersetzen beginnen und bei ca. 800°C endgültig zerstört werden. Dabei müssen jedoch Faserfreisetzungen vermieden werden. Eine besondere Möglichkeit der thermischen Behandlung wurde von der britischen Fa. Vitrifix Ltd. in einer Pilotanlage erprobt. Die Abfälle werden dabei direkt in eine flüssige, glasartige Soda-Schmelze eingebracht; Asbest wird von der heißen Soda zersetzt. Aufgrund der hohen Behandlungskosten hat sich dieses Verfahren nicht durchgesetzt.

8.2.4 Chemische Behandlung

Ein weiteres Verfahren, durch das Asbest vollständig zerstört werden könnte, wird von der Solvay Umwelttechnik in Hannover erprobt (KROPIUNIK, 1991). Die Behandlungskosten werden hier noch höher als beim Vitrifix-Verfahren sein; geschätzt wurden ca. öS 30.- pro kg Asbest. Dieses Verfahren kann nicht empfohlen werden, da zur Zersetzung des Asbestes Flußsäure verwendet wird, weil vermutlich keine umweltneutrale Herstellung und Lagerung von Flußsäure möglich ist und auch nach der Behandlung die überschüssige Säure neutralisiert werden muß. Auch die hohen Behandlungskosten sprechen gegen das Flußsäure-Verfahren.

8.2.5 Ablagerung - grundsätzliche Überlegungen

Die jetzt vorhandenen Auflagen, Richtlinien und Gesetze (man beachte vor allem das Vorsorgeprinzip im § 1 AWIG) lassen die unmittelbare Ablagerung von schwach gebundenem Asbest

nicht mehr zu. Diese Abfälle müssen daher mit hydraulisch wirksamen Bindemitteln verfestigt oder mit Restfaserbindemittel konditioniert werden. Die Menge der aus der Sanierung asbesthaltiger Objekte stammenden Abfälle, die ohne diese Behandlung als "Asbeststäube, Asbestabfälle" bezeichnet werden können und damit formal der Schlüssel-Nr. der ÖNORM S 2101 zuzuordnen sind, ist im Vergleich zur Menge der Asbestzement-Abfälle gering. Sofern mit Zement verfestigt wird - und das ist bei Spritzasbest und Asbeststäuben überwiegend der Fall - verhält sich der behandelte Abfall in chemischer und physikalischer Hinsicht ähnlich wie Asbestzement. Die Idee einer gemeinsamen Ablagerung liegt daher nahe; aufgrund der wesentlich größeren Masse des Asbestzementes reduziert dabei sich das Gesamtproblem "Asbest-Ablagerung" auf die Frage nach der umweltgerechten Ablagerung des Asbestzementes.

Eine Klassifikation von Abfällen, die sich nur auf Kriterien der Auslaugbarkeit und/oder der Elementarzusammensetzung stützt, kann für Asbest nicht ausreichend sein. Primär ist die Strategie der Ablagerung danach auszurichten, daß kurz-, mittel- und langfristig Faserfreisetzungen in die Atmosphäre zu vermeiden sind. Als Grundsatz ist festzuhalten, daß eine Ablagerung nach dem 3-Barrieren-System vorzunehmen ist (LECHNER; MOSTBAUER et al., 1990):

1. Barriere: Die Eigenschaften der abzulagernden Abfälle selbst. Diese sollen nicht mobil und nicht reaktiv sein:

Diese Eigenschaft ist in Bezug auf die Löslichkeit und die Reaktivität asbesthaltiger Abfälle bei zementgebundenen, anorganischen Asbestabfällen gegeben. Mit Restfaserbindemittel konditionierte Asbestabfälle können abbaubare organische Stoffe enthalten, sodaß eine begrenzte Reaktivität - z.B. die Bildung geringer Gasmengen - nicht ausgeschlossen werden kann. Die mit Restfaserbindemittel abge bundenen Mengen sind im Vergleich zu zementverfestigten Asbestabfällen oder gar zu Asbestzement jedoch vernachlässigbar gering, sodaß dennoch eine gemeinsame Ablagerung in der Regel zulässig sein wird. Das Hauptproblem bei der Ablagerung ist somit die Gefahr einer Faserfreisetzung durch mechanische Beanspruchung - also durch das Abkippen, Überfahren oder Verdichten der Abfälle. Maßnahmen, die diese Faserfreisetzung während des Deponiebetriebes verhindern sollen, werden im folgenden Abschnitt diskutiert.

2. Barriere: Der Deponiestandort.

Wenn auch mittel- und langfristig die Gefahr einer Freisetzung von Asbestfasern minimal sein soll, dann muß dies bei der Standortwahl berücksichtigt werden. Die Deponie kann als eine künstlich geschaffene Asbestlagerstätte angesehen werden, die langfristig je nach den geologischen und morphologischen Umständen entweder erodiert und abgetragen oder durch Sedimentation überlagert und abgedeckt werden wird. Aufschüttungen über Geländeniveau, die bei anderen Deponien zwecks freier Vorflut des Sickerwassers sinnvoll sind, sind bei Deponien, die asbesthaltige Abfälle übernehmen, nicht anzustreben. Wenn möglich, sollte der Standort in einem Sedimentationsgebiet und nicht in einer geologischen Erosionszone liegen. Andere, generell für Abfalldéponien gültige Standortbeschränkungen - z.B. Hochwasserfreiheit - sind selbstverständlich zu beachten.

3. Barriere: Deponietechnik, -betrieb und Kontrolle.

Die Auslaugbarkeit und Alkalität von Asbestzement ist vergleichbar mit den diesbezüglichen Eigenschaften anderer mineralischer Baurestmassen (z.B. Betonabbruch), sodaß in Bezug auf die Auslaugbarkeit zementgebundener Asbest als Inertstoff im Sinne der Richtlinie für die Ab-

lagerung von Abfällen anzusprechen ist (LECHNER; MOSTBAUER; 1992). Demzufolge besteht keine Notwendigkeit, das Sickerwasser aus Deponien, die neben vorsortiertem bzw. aufbereitetem Bauschutt auch Asbestzement übernehmen, zu erfassen und abzuleiten - selbstverständlich unter Beachtung der für Inertstoffdeponien geforderten Standortanforderungen und Kontrollen. Eine Basisdichtung kann jedoch unter besonderen Umständen zweckmäßig sein, sodaß die Sickerwasserqualität - insbesondere in Bezug auf Asbestfasern - kontrolliert werden kann.

Der Deponiebetrieb muß sich auf die Besonderheiten der Entsorgung asbesthaltiger Abfälle einstellen; die sonst bei Baurestmassen unvermeidbaren Staubemissionen, die den rauen Alltag vieler Deponien kennzeichnen, dürfen bei der Ablagerung von Asbest nicht geduldet werden. Dies gilt auch für Asbestzement, der nur in weitgehend durchfeuchtetem Zustand übernommen werden sollte. Zu prüfen wäre auch, ob nicht im Eingangsbereich eine frostsichere Befeuchtungsanlage (Anlage in einer Halle) anzubringen sei, vor allem wenn die Verrechnung der Deponiegebühr nicht nach Achsen sondern - wie es das Altlastensanierungsgesetz verpflichtend vorsieht - auf Basis der Abfallmasse erfolgt. Wichtig ist auch eine rechtzeitige Information des Deponiebetreibers, wenn verpackte Abfälle aus der Asbestsanierung abgelagert werden sollen, und eine ausreichend große, deutliche Beschriftung der Gebinde und Behältnisse.

Art, Menge und der genaue Einbauort asbesthaltiger Abfälle sind festzuhalten (Deponiekataster). Grundsätzlich sollen - da bei Inertstoffdeponien keine oder nur wenig wirksame Oberflächen-Abdichtungsmaßnahmen vorgesehen sind - in den nahe der Oberfläche liegenden Abfallschichten keine asbesthaltigen Abfälle eingebaut werden. Diese Abdeckung mit asbestfreien Abfällen - z.B. mit mineralischem Bauschutt - stellt keinen Widerspruch zum derzeit vorherrschenden Trend in der Abfallwirtschaft nach möglichst sortenreiner Ablagerung ("Monodeponie") dar, wenn dabei z.B. das zur Abdeckung nötige Volumen an asbestfreien Baurestmassen gering im Vergleich zum Volumen der abgelagerten asbesthaltigen Abfälle ist. Analoges gilt für die Konditionierung asbesthaltiger Abfälle mit bindigen, anderen Abfällen. Eine "Verdünnung" durch eine über die technischen Erfordernisse der Konditionierung hinausgehende Vermengung mit Baurestmassen oder mit anderen Abfällen ist jedoch nicht anzustreben.

8.2.6 Maßnahmen gegen Faserfreisetzungen bei der Ablagerung

ROSENBUSCH (1991) berichtet davon, daß im Jahr 1986 in der BRD am Gelände einer Hausmülldeponie nach dem Einbau von Spritzasbest in einer Vertiefung - bei gleichzeitiger Verfestigung mit Zement in der Deponie - Asbestfaserkonzentrationen von 10.000 bis 40.000 Fasern/m³ gemessen worden waren. Es wird angenommen, daß dies nicht auf diese Praxis der Ablagerung, sondern auf die vor 1986 erfolgte Ablagerung von Spritzasbest in Säcken zurückzuführen ist. Die Säcke dürften aufgrund des rauen Deponiebetriebes beschädigt worden sein, sodaß sich Asbestfasern über die Oberfläche des Deponiekörpers verteilen konnten. Weiters wurden auch bei der Ablagerung von nicht befeuchtetem Asbestzementbruch in einer anderen Deponie erhöhte Asbestfaserkonzentrationen festgestellt.

Auch in der Schweiz ist ein Fall bekannt, bei dem Abfälle aus der Asbestsanierung, welche in Säcken verpackt waren, unvorsichtig mit dem Kompaktor eingebaut wurden. Der nicht sachgemäße Einbau wurde sogar photographisch dokumentiert (MOSER, 1992). Beachtenswert ist, daß auch die auffällig rote Färbung und die große Warn-Beschriftung der Säcke diese unverantwortliche Vorgangsweise nicht verhindern konnte. Ein ganz ähnlicher Vorfall ist auch in Österreich beobachtet worden (Persönliche Mitteilung eines Asbestsanierungsunternehmens);

der Unterschied zur Schweiz bestand nur darin, daß die Österreichische Asbest-Verordnung eine nicht so stark auffällige Kennzeichnung der Verpackungen fordert.

Aufgrund dieser Erfahrungen kann das bloße Verpacken von schwach gebundenen asbesthaltigen Abfällen nicht als sichere Methode zur Vermeidung von Faserfreisetzungen angesehen werden. Dies gilt auch dann, wenn die Säcke z.B. in Fässer oder in geschlossene Betonwannen gefüllt werden. Man beachte die enorme mechanische Beanspruchung durch Kompaktoren, deren Masse in den letzten Jahren zusätzlich eher steigende Tendenz aufwies und auch die chemische Beanspruchung von Beton und Eisenmetallen durch saure Sickerwässer. Dies gilt auch für die sogenannte "Faß- in -Faß"-Methode, bei der der Zwischenraum zwischen einem kleineren Faß, das die Asbeststäube bzw. Asbestabfälle enthält, und einem größeren Faß mit Beton ausgegossen wird.

Schwach gebundene Asbest-Baustoffe werden bei der Gebäudesanierung durch befugte Sanierungsunternehmen ohnehin im Entsorgungsgerät mit Wasser und Zement vermischt und verfestigt. Damit wird ohnehin die Hauptmasse der problematischen Asbestabfälle und Asbeststäube in eine nicht mobile Form überführt. Die verbleibenden Asbestabfälle bzw. asbestkontaminierten Gegenstände können mit Restfaserbindemittel oder ebenfalls mit Wasser und Zement konditioniert werden (siehe Abschnitt Restfaserbindemittel). Da nicht immer ausgeschlossen werden kann, daß die konditionierten Abfälle noch freisetzbare Asbestfasern enthalten, sollten diese Abfälle zusätzlich in der Deponie in vorbereitete Gruben verfüllt und ausreichend überdeckt werden.

Bei Asbestzement können folgende Maßnahmen die möglichen Faserfreisetzungen zumindest erheblich vermindern:

- Demontage mit möglichst geringer Zerkleinerung der Platten
- Stapelung und Verpackung
- Kurze Transportwege
- Kein Abkippen über Kippkanten in der Deponie
- Zwischenabdeckung in der Deponie
- Befeuchten - besser gesagt Durchfeuchtung des Asbestzementes

Es wird eine weitgehende Durchfeuchtung von Asbestzement empfohlen. Der durch die Befeuchtung verursachte Massenzuwachs hat in einzelnen Fällen bisher dazu geführt, daß in den Transportfahrzeugen nur die zuoberst liegenden Schichten befeuchtet wurden. Ein zuverlässiger Schutz gegen Staubemissionen - vor allem beim Abkippen in der Deponie - war damit nicht gegeben.

Auch darf Asbestzement keinesfalls absichtlich z.B. um ihn bis zur Unkenntlichkeit hin zu "konditionieren" zerkleinert werden.

Empfohlene Maßnahmen zur Vermeidung von Faserfreisetzungen:

- Bei allen schwach gebundenen Abfällen ist nach Möglichkeit mit Zement und Wasser zu verfestigen.
- Für Asbestzement ist bei der Ablagerung eine weitgehende Durchfeuchtung eine effektive Maßnahme zur Vermeidung von Staubemissionen. Deponien, die Asbestzement übernehmen, sollten in Zukunft über eine frostsichere Anlage im Eingangsbereich verfügen, die eine

ausreichende Bewässerung ermöglichen. Alternativ dazu könnte eine Konditionierung von Asbestzement - z.B. mit anderen, bindigen oder hydraulisch wirksamen Abfällen - eine gute Barriere gegen Faserfreisetzungen sein.

- Abgelagerte asbesthaltige Abfälle sollten täglich mit asbestfreiem Material abgedeckt werden
- In jedem Fall darf der Einbauplan keinen Massenausgleich (keine Umlagerung) innerhalb der Deponie vorsehen; d.h. eingebaute Abfälle sind an Ort und Stelle zu belassen. Der Verzicht auf die Rückholbarkeit bedeutet auch, daß keine eventuell später verwertbaren Abfälle gemeinsam mit asbesthaltigen Abfälle abgelagert werden sollen.
- Materialien, die aufgrund ihrer stofflichen Natur oder ihrer Geometrie nicht mit Zement verfestigt werden können, sind mit Restfaserbindemittel zu behandeln und auch zu verpacken. Sofern keine thermische Behandlung möglich ist, müssen diese Abfälle in ausreichend tiefen Gruben im Deponiekörper eingebaut und überdeckt werden. Der Deponiebetreiber ist rechtzeitig vor der Anlieferung zu verständigen.
- Während des Deponiebetriebes und besonders beim Abschluß der Deponie ist zu beachten, daß asbesthaltige Abfälle nicht nahe der endgültigen Oberfläche zu liegen kommen.

Langfristig kann auch die Standortwahl zur Vermeidung von Staubemissionen beitragen (siehe Abschnitt 8.2.5).

8.2.7 Ablagerung mit gleichzeitiger Konditionierung

Flugaschen und alkalische Abfälle aus der Reinigung des Abgases bei Kohlekraftwerken zeigen bei Zugabe von Wasser puzzolanische Reaktion; d.h. es kommt zu einer Aushärtung des Gemisches und in der Folge zu einer Verringerung der Durchlässigkeit. Dieser Vorgang kann dazu verwendet werden, auch andere anorganische Abfälle mit einer Matrix zu umhüllen (= "Konditionierung"). Grundsätzlich kommt diese Form der Konditionierung auch für Asbestzement in Frage (LUKAS, 1992). Offene Fragen gibt es dabei lediglich noch bei der Wahl der Mischtechnologien (LUKAS, persönl.Mitteilung).

8.3 Schadstoffentfrachtung von mineralischem Bauschutt

In Gesprächen mit leitenden Mitarbeitern von Baufirmen, Deponiebetreibern und Asbestsanierungsunternehmen konnte immer wieder festgestellt werden, daß eine umweltgerechte Beseitigung und Entsorgung von Asbest derzeit nur einen Teil des Asbestbestandes erfaßt. Die Auflagen für Asbestentsorgungsarbeiten sind zwar bundeseinheitlich durch einen Durchführungserlaß des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie geregelt, jedoch bedarf es für diesen Vollzug auch der engagierten Kontrolle aller Arbeiten an Baustellen generell und auch einer verstärkten Überwachung jeder Bewegung von Baurestmassen bis hin zur Ablagerung, Wiederverwendung oder Verwertung. Der dafür erforderliche Personalaufwand dürfte bisher deutlich unterschätzt worden sein.

Dazu ein Beispiel: Die Beschichtung von Spritzasbest - eine Tätigkeit, die man in jedem Fall den befugten und geprüften Asbestsanierungsunternehmen überlassen müßte - wird manchmal als Malerarbeit angesehen und auch von Malern ausgeführt. Auch andere asbesthaltige Objekte

und Bauteile werden oft dem Billigstanbieter zu Entsorgung überlassen. Daß dieser dann den asbesthaltigen Abfall nicht als "überwachungsbedürftig" deklariert und entsprechend entsorgt, ist sehr wahrscheinlich.

8.3.1 Aufsuchen von alten Asbestbeständen in Gebäuden: Asbestkataster

Nach den Ergebnissen der Umfrage unter den befugten Asbestsanierungsunternehmen entstammt in Österreich eine Abfallmenge von rund 1000 t/a bis 1500 t/a der Beseitigung schwach gebundener asbesthaltiger Baustoffe. Die jährliche Asbestfracht beträgt somit derzeit ca. 200 bis 500 t/a Asbestfaser. Der Anteil des seinerzeit importierten Rohasbestes, der für die Herstellung von Spritzasbest und Leichtbauplatten verwendet wurde, ist nicht näher bekannt, dürfte aber größenordnungsmäßig um 5 % liegen. Die korrespondierende Asbestfracht ist - wenn man den Rohasbest-Verbrauch der 70-er Jahre betrachtet - rund 1500 bis 2000 t/a Asbestfaser. Die Differenz zwischen den jährlich entsorgten und ehemals jährlich im Bauwesen verbrauchten Asbestfrachten ist auch unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten dieser Abschätzungen immer noch so groß, daß mit Recht die Frage nach dem Verbleib der fehlenden - wahrscheinlich vorwiegend in Spritzasbest und Leichtbauplatten enthaltenen Menge - gestellt werden kann. Ein erheblicher Nachholbedarf beim Aufsuchen, der Kenntlichmachung und der geordneten Entsorgung schwach gebundener asbesthaltiger Baustoffe ist daher gegeben. Ein einheitliches Vorgehen über Kompetenzgrenzen hinweg (Baurecht: Landessache, Gefährliche Abfälle: Bundesache) muß dabei angestrebt werden. Schwach gebundene asbesthaltige Baustoffe müssen spätestens vor Abbruch erkannt und beseitigt werden.

Aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist es daher sinnvoll, den in der Bausubstanz vorhandenen Bestand an schwach gebundenem Asbest aufzuspüren und nach und nach zu entfernen. Ein umfassender, bundesweiter Asbestkataster wäre denkbar, kann jedoch nicht sofort flächendeckend verwirklicht werden. Außerdem existieren in einigen Bundesländern bereits derartige Kataster. Besser scheint eine sukzessive regionale - z.B. bezirkswise - dafür aber sorgfältigere Durchleuchtung der Bausubstanz oder die flächendeckende Untersuchung von Gebäuden mit sensibler Nutzung (Kindergärten, Schulen etc.). Dadurch können einerseits die Kosten für die Gebäudesanierung auf mehrere Jahre aufgeteilt werden, andererseits könnten auch die abfallrechtlich befugten Asbestbeseitiger eine einigermaßen stabile Auslastung erwarten. Ein Rahmenplan des Bundes, die auch Zeithorizonte festlegt, und eine Koordinierung der Länder- oder Bezirks-Asbestkataster durch den Bund wäre möglich.

In der Schweiz wurde schon vor einigen Jahren ein Asbestkataster auf Basis der verfügbaren Rechnungen der ehemaligen Spritzasbest-Lieferfirmen erstellt. Dabei wurde teilweise auch auf Baupläne, Architektenunterlagen u.dgl. zurückgegriffen. Untersuchungen von Isoliermaterialien haben allerdings ergeben, daß in der Schweiz in etwa 15 % der Fälle zwar "Spritzasbest" verkauft worden war, bei der Isolierung de facto jedoch billigere Ersatzstoffe - z.B. Mineralwolle verwendet worden waren. Die Eigentümer der Baulichkeiten dürfen sich in diesem Fall also glücklich schätzen, daß sie damals betrogen worden sind ! Nicht auszuschließen ist auch der umgekehrte Fall - d.h. möglicherweise wurde auch "Mineralwolle" in Rechnungen ausgewiesen, jedoch in Wirklichkeit Spritzasbest appliziert.

9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES

9.1 Vermeidungs-, Verwertungs- und Entsorgungskonzept

Schwach gebundener Asbest stellt so etwas wie eine "chemische Altlast" in der bestehenden Bausubstanz dar. Da er spätestens ab 1983 nicht mehr in Österreich verwendet wurde, müssen die vorrangigen Ziel eines Abfallwirtschaftskonzeptes für Baurestmassen die folgenden sein:

- Das Aufsuchen und die Kartierung von schwach gebundenem Asbest in Bauwerken
- Das Entfernen dieser Asbestbestände spätestens vor Abbruch der Bauwerke (Asbestsanierung)
- und
- Die Ablagerung der einschlägigen Abfälle aus der Asbestsanierung in verfestigter Form

Schwach gebundener Asbest wird nicht mehr und darf auch nicht mehr in Zukunft in Säcken verpackt in ungebundener Form abgelagert werden, da die Gefahr einer Faserfreisetzung zu groß ist. Bis auf Weiteres sollte nach der "Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle" des BMfUJuF (Mai 1992) vorgegangen werden, welche eine Verfestigung von Spritzasbest und Asbeststaub am Anfallort vorsieht.

Asbestzementprodukte (= fest gebundener Asbest) für den Hochbaubereich werden ab Jänner 1993 in Österreich nicht mehr hergestellt. Bei Reparatur- und Abbrucharbeiten bis dato bestehenden Bauwerken müssen Asbestzementprodukte entfernt und gesondert entsorgt (deponiert) werden. Jedenfalls muß das Einbringen jeglicher Art asbesthaltiger Abfälle in Aufbereitungsanlagen vermieden werden. Staubemissionen bei Behandlung, Zwischenlagerung, Transport und Ablagerung sind zu vermeiden.

9.2 Konkrete Anregungen

9.2.1 Vermeidung

Anzustreben ist ein vollständiges Verbot des Inverkehrbringens von Asbest oder eine weitestgehende, über die derzeitigen Bestimmungen der Asbestverordnung (BGBl.324/1990) hinausgehende Einschränkung der Anwendung von Asbest.

9.2.2 Verwertung

Bundesweites Verbot des Einbringens jeglicher Art asbesthaltiger Abfälle in Aufbereitungsanlagen für Baurestmassen, Sperrmüll, Restmüll oder gewerbliche Abfälle.

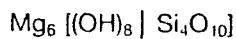
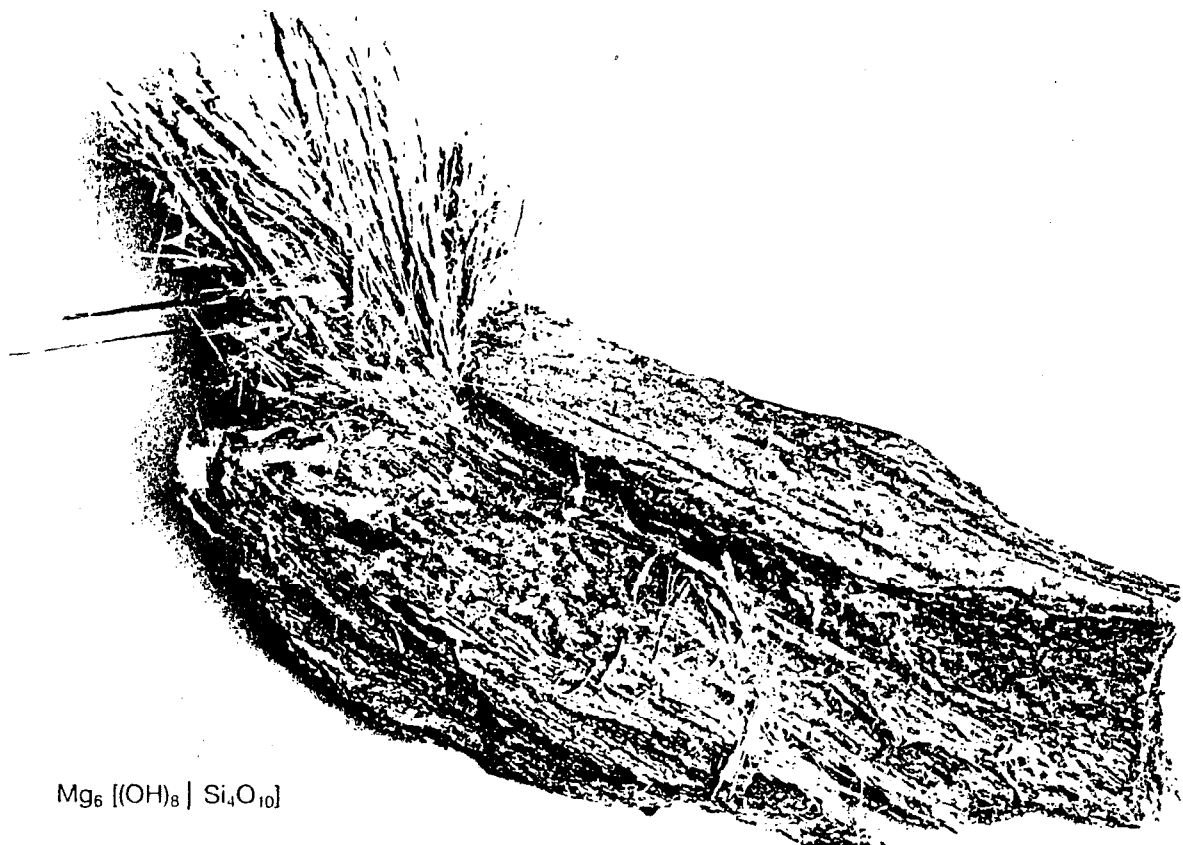
9.2.3 Entsorgung

Technische Anforderungen an die obertägige Ablagerung von Abfällen, die aufgrund einer Ermächtigung im AWG demnächst per Verordnung festgelegt werden, könnten durch besondere Bestimmungen zur Standortwahl (siehe Abschnitt 8.2.5) und zur Vermeidung von Staubemissionen (siehe Abschnitt 8.2.6) bei der Ablagerung asbesthaltiger Abfälle ergänzt werden.

2.2.4 Schadstoffentfrachtung

Alte Asbestbestände - vor allem Spritzasbest und Leichtbauplatten - in Bauwerken sollten in ganz Österreich systematisch aufgesucht werden (Asbestkataster). Jedenfalls ist dafür Sorge zu tragen, daß asbesthaltige Baustoffe spätestens vor dem Abbruch der Bauwerke entfernt werden. Dafür könnten eventuell auch Mengenschwellen, angegeben in kg pro Bauwerk bzw. m² pro Bauwerk festgelegt werden.

Abbildung 1:
Asbestfasern in der Natur



10. LITERATUR; EINSCHLÄGIGE GESETZE UND VERORDNUNGEN

BUNDESMINISTERIUM für Umwelt, Jugend u. Familie (1992): Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle. Schriftenreihe der Sektion V, Band 2, Wien.

BUNDESMINISTERIUM für Umwelt, Jugend u. Familie (1992): Erlaß betreffend Erlaubnispflicht für Asbestbehandler, Zl. 08 3504/37-V/4/92-Gl., Wien, am 30.3.1992.

DORMAGEN W. (1992): Asbest in Nachtspeicheröfen. Asbestersatzstoffe.(2 Vorträge) TÜV/WIFI-Seminar Asbestsanierung, Scandic Crown Hotel Wien, 1992.

DUNNIGAN J.(1991): Asbestos. In: Encyclopedia of Human Biology, Vol.1, S.417-425, Academic Press.

DYLLICK T. (1992): Management der Umweltbeziehungen. Habilitationsschrift. In: Neue Betriebswirtschaftliche Forschung, Band 54. Hrsg.: Gabler Verlag, Wiesbaden.

FISCHER M.(1991): Asbest - Quantifizierung und Bewertung seiner gesundheitlichen Risiken. In: Asbest, PCB in Gebäuden: Kalkulierbare Risiken ? Hrsg.: LEIDEL J. et al., Forum Umweltschutz, TÜV Verlag Rheinland.

GERHOLD S. (1991): Stoffstromrechnung Asbest. Statistische Nachrichten 46.Jahrgang Heft 11, S.1006 - 1014. Hrsg.: Österr. Stat. Zentralamt, Wien.

GNILSEN R. (1991): Situation in Österreich. Beitrag zum BFI-Kurs "Asbestsanierung/Sachkundeprüfung", 14. bis 18.Okt.1991, Berufsförderungsinstitut, Wien.

HAUCK H., NEUBERGER M. (1992): Gutachten und medizinisch-hygienische Empfehlungen für die Deponierung von faserhaltigen Produkten. Im Auftrag der Eternit-Werke L.Hatschek AG.

HOHENBERG K.(1992): Asbestsanierung aus der Sicht des Arbeitnehmerschutzes. TÜV/WIFI-Seminar Asbestsanierung, Scandic Crown Hotel Wien, 1992.

KROPIUNIK H.(1991): Deponierung von asbesthaltigen Produkten und Abfällen. Vortrag an der UTEC-Absorga in Linz. In: Handbuch der Umwelttechnik '92, Trend Commerz GmbH.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (LAGA) der BRD (1989): Merkblatt - Entsorgung asbesthaltiger Abfälle. In: Handbuch der Müll- und Abfallbeseitigung (HÖSEL; SCHENKEL; SCHNURER), Lieferung 4/89, Nr.8621.

LECHNER P., MOSTBAUER P.(1992): Beurteilung der Deponiefähigkeit von Faserzementprodukten. Im Auftrag der Eternit-Werke L.Hatschek AG.

LEUTGEB F.(1992): Was tun mit Altasbest ? Wirtschaft u.Umwelt 1,1992, S.7-9.

LUKAS W.(1992): Verwertungskonzept für Bauabbruchmassen. Vortrag am 24.3.92 bei der Technischen Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie.

LUKASCHEK H. et al.(1991): Katalog der im Handel erhältlichen Brems- und Kupplungsbeläge. Im Auftrag des Bundesmin. f.Umwelt, Jugend u. Familie, Wien.

MARFELS H., SCHÖRMANN J.(1991): Asbestfasern im Trinkwasser und ihre Bewertung. In: Asbest-Handbuch, Hrsg.: BOSSENMAYER J, SCHUMM H-P, TEPASSE R, E-Schmidt Verl.

MATERIALIEN ZUM BUNDESABFALLWIRTSCHAFTSPLAN (1992), Band 1, Stoffdatenblatt SN 31437, Umweltbundesamt Wien.

MOLL L.H.(1987): Taschenbuch für Umweltschutz - IV:Chemikalien in der Umwelt, UTB 1449, Reinhardt Verlag, München.

MOROWSKI J.(1992): Messungen als Hilfsinstrument des Sanierenden, der Bauherrschaft und der Aufsichtsbehörde. TÜV/WIFI-Seminar Asbestsanierung, Scandic Crown Hotel Wien, 1992.

MOSER H.(1992): Stand und Methode zur Entfernung von Spritzasbest am Beispiel der Schweiz. TÜV/WIFI-Seminar Asbestsanierung, Scandic Crown Hotel Wien, 1992.

MOSTBAUER P., LECHNER P.: Ablagerung asbesthaltiger Abfälle. TÜV/WIFI-Seminar Asbestsanierung, Scandic Crown Hotel Wien, 1992.

RÖDELSPERGER K., GERHARD J. (1991): Asbest: Mineralogie - Eigenschaften - Verwendung. In: Asbest-Handbuch, Hrsg.: BOSSENMAYER J, SCHUMM H-P, TEPASSE R, E-Schmidt Verl.

SPURNY K.R.(1989): Asbest und Asbestzement-Produkte - Umwelthygienische Bewertung. In: Wohnung + Gesundheit 10/89 - Nr.52, S.34-36

TEUFL J. (1985): Recycling und Entsorgung von asbesthaltigen Abfällen in der österreichischen Asbestzement-Industrie. Handbuch der Müll- und Abfallbeseitigung (HÖSEL, SCHENKEL, SCHNURER) Nr.8621.

ANHANG A:

**Auszug aus: Richtlinie für die Behandlung asbesthaltiger Abfälle.
Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, im Mai 1992, S. 11-13**

V. BEHANDLUNGSGRUNDSÄTZE

Die Konditionierung, das Be- und Entladen und der Transport von asbesthaltigen Abfällen ist mit größter Sorgfalt durchzuführen. Jede Staubeentwicklung muß vermieden werden, Abfälle dürfen weder geworfen noch geschüttet werden.

A) Konditionierung und Verpackung

Spritzasbest und Asbeststäube sind grundsätzlich schon am Anfallort mit hydraulischen Bindemitteln, wie z.B. Zement, zu binden.

Leichtbauplatten, Schnüre, Produkte aus schwachgebundenem Asbest sowie alle anderen asbesthaltigen Abfälle, bei denen Asbestfasern leicht freigesetzt werden können, sind mit Restfaserbindemittel zu behandeln und in reißfeste Kunststoffsäcke (allenfalls -Folien) zu verpacken (zweilagig) und dicht zu verschließen.

Mit Asbestfasern kontaminierte Abfälle, wie Folien, Teppiche, Einweganzüge, Filter u.ä., sind mit Restfaserbindemittel zu behandeln und in reißfeste Kunststoffsäcke (allenfalls -Folien) zu verpacken (zweilagig) und dicht zu verschließen.

Metallteile und sonstige Gegenstände, die Asbeststaub freisetzen können und die geeignet sind, die Verpackung zu beschädigen, sind mit Restfaserbindemittel zu behandeln und in stabile Pappkartons zu verpacken. Die Kartons sind in zweilagigen Kunststoffsäcken bzw. Kunststofffolien dicht zu verpacken.

Als Verpackungsmaterial sind Kunststoffsäcke bzw. -folien, die die Festigkeit und Dichtheit von Polyethylensäcken bzw. -folien mit einer Wandstärke von mindestens 0,22 mm aufweisen, zu verwenden.

B) Zwischenlagerung

Soweit asbesthaltige Abfälle, bei denen Asbestfasern leicht freigesetzt werden können, zwischengelagert werden müssen, sind sie feucht zu halten und mit geeigneten Materialien abzudecken oder in geschlossenen Behältnissen aufzubewahren.

C) Transport

Asbestzementprodukte (Formstücke, Platten und Rohre) und andere, festgebundene Asbestprodukte können, soweit keine Bruchflächen vorhanden sind, unverpackt und unbefeuchtet transportiert werden.

Grobstückige Teile aus Asbestzement (Bruch- oder Verschnittmaterial) sind zu befeuchten und in geeignete Behälter gefüllt (z.B. mit Planen verschlossene Container oder 2 Lagen reißfeste Kunststoffsäcke) zu transportieren.

Andere asbesthaltige Abfälle sind vor dem Transport entsprechend Punkt V.A) "Konditionierung und Verpackung" zu behandeln und zu verpacken.

D) Ablagerung

Bei der Ablagerung sind grundsätzlich sämtliche asbesthaltige Abfälle in ein eigenes Kompartiment einzubauen. Nach dem Einbringen der Abfälle sind diese mit einem entsprechenden Abdeckmaterial (vorzugsweise bindiges Erdmaterial in verdichtungsfähiger Konsistenz) zu überdecken.

Asbesthaltige Abfälle sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht verwertbar, sofern Asbest nicht nur in Spuren enthalten ist. Sie dürfen insbesondere Bauschutt aufbereitungsanlagen und Müllverbrennungsanlagen nicht zugeführt werden. Asbesthaltige Abfälle dürfen auch nicht als Wegebbaumaterial im Deponiebereich verwendet werden.

ANHANG B: ASBESTZEMENT

Produktion und Vertrieb von Asbestzement in Österreich: Derzeit wird in Österreich nur mehr die sogenannte "lange Wellplatte" nicht asbestfrei hergestellt. Die Produktion läuft nur noch bis Jänner 1993; dann werden in Österreich nur mehr Faserzementprodukte der neuen Technologie erzeugt- sogenannte NT-Produkte. NT-Faserzement ist völlig asbestfrei und enthält Zellstofffasern sowie einen geringen Anteil synthetischer Fasern. Asbesthaltige Produkte für den Tiefbau, die in Österreich zuletzt 1989 hergestellt wurden, werden allerdings weiterhin importiert und vertrieben.

Soll Asbestzement durch Beschichtungen geschützt werden? Die Oberfläche verwitterter Asbestzementprodukte ist von geringer Abriebfestigkeit und läßt sich mit einem harten Gegenstand - oft genügt der Fingernagel - abkratzen (WEISS, 1991). Langsam kommt es auch in den Asbestzementplatten zur Neutralisation alkalischer Stoffe, die Anfänglich aufgrund der Hydratation des Zementes im Überschuß vorhanden waren. Damit finden Flechten und Moose nach wenigen Jahrzehnten auf nicht zu trockenen Stellen gute Lebensbedingungen. Folglich wirken die Asbestzementflächen unansehnlich und sanierungsbedürftig. Über die Notwendigkeit der Sanierung bzw. Entfernung des Asbestzementes aus lufthygienischer Sicht liegen unterschiedliche Stellungnahmen vor. Vorsorgliche Maßnahmen zur Faserfreisetzung sollten - wenn überhaupt - nur dann getroffen werden, wenn nicht durch diese Maßnahmen selbst die Gefahr einer Faserfreisetzung gegeben ist. Bei einer Reinigung der Flächen - also das Abschleifen bzw. Abbürsten von Moos und Flechten - vor einer Beschichtungsmaßnahme können Asbestfasern büschelweise aus der Oberfläche gerissen werden (WEISS, 1991). Eine Beschichtung von Asbestzement ist daher nicht zu empfehlen, wenn dabei die Asbestzement-Oberfläche gereinigt oder mechanisch bearbeitet werden muß.

Die Diskussion über die gesundheitliche Bedeutung verwitternder Dachflächen wurde in der BRD sehr emotionell geführt. Nachdem z.B. in einer ZDF-Sendung im Jahre 1981 Asbestzement und "Mord" in einem Atemzug genannt worden waren, kam es zu einem kurzfristig drastischen Umsatzrückgang bei Eternit (DYLLICK, 1992). In dieser Sendung wurden allerdings durch Spritzasbest erkrankte Personen interviewt.

Asbestzement: Menge für den Bundesabfallwirtschaftsplan: 40.000 t/a

Deponieverhalten und Ablagerung von Asbestzement: Zur Auslaugbarkeit neuerer und älterer Faserzementprodukte liegen einschlägige Untersuchungen vor; das Auslaugverhalten wurde unter anderem im Rahmen des Projektes "Fachgrundlagen zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt" (LECHNER, MOSTBAUER et al., 1991) untersucht. Ebenso wie bei Beton- und Mörtelproben ist die organische Belastung des Eluates (CSB, BSB) gering. Abbaubare Stoffe sind im Asbestzement und in den Eluaten nur in geringem Ausmaß vorhanden. Durch die Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre wird das im Zementstein enthaltene Kalkhydrat allmählich in schwer löslichen Kalkstein umgewandelt (Carbonatisierung) - ein Vorgang, der auch bei Beton und Mörtel zu beobachten ist. In chemischer Hinsicht und in seinem Deponieverhalten unterscheidet sich Asbestzement somit praktisch nicht von Betonabbruch. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist daher Asbest als Inertstoff (auch im Sinne der Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen, 1990) anzusprechen. Schutzmaßnahmen gegen Faserfreisetzungen in die Atmosphäre sind selbstverständlich notwendig. Die dabei anzustrebenden Maßnahmen und die Strategie der Ablagerung wurden bereits im Abschnitt 8 dargestellt.

TU Wien

Inst. für Wassergüte und Abfallwirtschaft
o.Prof.Dr. Paul H. Brunner - A-1040 Wien



Abt. Abfallwirtschaft
Karlplatz 13/226.4

Wien, Juni 1993

Tel.: + 43 1 58 801 3196
Fax: + 43 1 504 22 34

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 31441

Chemisch verunreinigter Bauschutt

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Mag. P. Mostbauer

Dipl.Ing.Dr.techn. E. Schachermayer

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

1.	HERKUNFT	1
2.	BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	3
3.	ZUSAMMENSETZUNG	4
4.	EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ	4
5.	ABFALLMASSEN	4
6.	ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSARTEN	5
7.	BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG	6
7.1	"In-situ"-Behandlung ölverunreinigter, poröser Baustoffe	6
7.2	Fallbeispiel 1: Sanierung eines alten Gaswerksstandortes	7
7.3	Fallbeispiel 2: Rückbau kontaminierter Gebäude am Beispiel einer ehemaligen Galvanik.....	8
7.4	Verunreinigter Bauschutt aus Tankstellen - Versuch einer Bewertung	9
7.5	Ablagerungspraxis in Österreich	12
7.6	Chemische Kriterien für chemisch verunreinigten Bauschutt und Erdaushub.....	12
7.6.1	Elementargehalte von Böden und Bauschutt	12
7.6.2	Verwertung kontaminierter Böden und Bauteile gemäß RAL-RG 501/2	15
7.6.3	Die Österreichische Richtlinie für Recycling-Baustoffe (RRB)	17
7.7	Die neuen "Leistungsbeschreibungen Hochbau"	20
8.	PERSPEKTIVEN	21
8.1	Vermeidung	21
8.2	Verwertung und Entsorgung	21
9.	EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES	22
9.1	Festlegung klarer Begriffe	22
10.	LITERATUR	23
	ANHANG	25

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen
Schlüssel-Nr. 31441 "Chemisch verunreinigter Bauschutt"

1. HERKUNFT

Chemisch verunreinigter Bauschutt entstammt dem Abbruch, Umbau und Ausbau von Baulichkeiten, vorwiegend von **Industrie-, Gewerbe-, Versorgungs- oder Sonderbauwerken**; das sind Gebäude und Anlagen, in denen umweltgefährdende Stoffe gelagert, umgesetzt oder umgewandelt wurden.

Die Gefahr chemischer Kontaminierung von Gebäuden und Anlagenteilen ist gegeben bei

- **Baulichkeiten der chemischen Industrie, z.B.**
 - Herstellung von chemischen Grund- und Ausgangsstoffen
 - Herstellung pharmazeutischer Grundverbindungen
 - Lagerung und Weiterverarbeitung organischer und anorganischer Chemikalien

außerdem bei Bauobjekten folgender Industrie- und Gewerbebereiche:

- **Metallerzeugung, z.B.**
 - Hochofen, Stahl- und Warmwalzwerke
 - Kokereien
 - NE(Nichteisenmetall)- Leichtmetallhütten
 - NE-Schwermetallhütten
 - NE-Metall Umschmelzwerke
- **Metallbearbeitung und Oberflächenbehandlung von Metallen, z.B.**
 - Schmiede-, Preß- und Hammerwerke
 - Eisen-, Stahl- und Tempergießerei
 - NE-Metallgießerei
 - Galvanisieranstalten
 - Drahtziehereien
 - Stahlverformung
 - Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau
 - Herstellung von Kraftwagen und Straßenfahrzeugen
 - Schiffbau
 - Schienenfahrzeugbau
 - Luft- und Raumfahrzeugbau
 - Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren
- **Holzschutz, z.B.**
 - Holzimprägnierwerke
- **Ledererzeugung und Gerbereien**
- **Herstellung von Kunststoffen**

-
- **Textilerzeugung**
 - **Erzeugung von Lacken und Anstrichmitteln**
 - **Herstellung von Batterien und Akkumulatoren**
 - **KFZ-Werkstätten**
 - **Lackierereien**
 - **Putzereien**
 - **bei Versorgungsbauwerken**
 - Gaswerke
 - Tankstellen
 - Treibstofflager
 - Rohöllagerung
 - **Anlagenteile von Sonderbauwerken, z.B.**
 - aus dem Bereich der Abwasserreinigung
 - der Kanalisation,
 - dem Tunnelbau,
 - der Entsorgung gefährlicher Abfälle (insbesondere Kamine, Feuerraumausmauerungen)
 - Bauteile, die infolge von Öl- und Chemikalienunfällen verunreinigt sind
 - Bauteile, die infolge von Bränden verunreinigt sind, insbesondere bei Anwesenheit von PVC

Auch Bauschutt, der aus alten Deponien ausgelagert wird, kann möglicherweise chemisch verunreinigt sein. Eine mehr oder minder starke Kontamination liegt bei Altlastenmaterial auch nach mechanischer Aufbereitung immer noch vor.

Folgende Anlagenteile innerhalb der genannten Industriestandorte bedürfen besonderer Aufmerksamkeit bei der Entsorgung im Hinblick auf Kontaminationen durch Chemikalien:

- Kamine und Schlote
- Ofenausmauerungen, Ofenausbrüche
- Teile von Abgasreinigungsanlagen und -leitungen
- Teile von Abwasserreinigungsanlagen und -leitungen
- Behälter für umweltgefährdende (wassergefährdende) Flüssigkeiten und Feststoffe
z.B. verflusste Betonbehälter und Säureschutzbauten
- Leitungen für umweltgefährdende (wassergefährdende) Flüssigkeiten
- Auffangwannen, insbesondere nach Störfällen
- Fundamente

Die sogenannte "Störfallverordnung" enthält in der Anlage 2 ebenfalls eine Betriebsanlagenliste für bestimmte "gefahren geneigte Anlagen". Diese Betriebsanlagenliste und die in der Anlage 1 der Störfallverordnung genannten Stoffe und Mengenschwellen können ebenfalls

ein Hilfsmittel bei der Ausgrenzung von potentiell verunreinigtem Bauschutt sein. Werden Anlagen, die der Störfallverordnung unterliegen, bzw. Teile davon abgebrochen, dann kann kontaminierter Bauschutt vorliegen. Zu beachten ist allerdings, daß die Störfallverordnung auch Anlagen inkludiert, die nur aufgrund der Lagerung bzw. Umsetzung gasförmiger und/oder explosiver Stoffe als "gefährdend" eingestuft werden.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Der Begriff "chemisch kontaminierter Bauschutt" wurde in der Praxis bisher unterschiedlich ausgelegt; es existieren keine einheitlichen Kriterien betreffend Schadstoffgehalt und Auslaugbarkeit.

Es stellt sich die Frage, ob chemisch kontaminierter Bauschutt **pauschal** als **gefährlicher** Abfall einzustufen ist. Sicher sind poröse Baustoffe, die mit wassergefährdenden oder stark wassergefährdenden Flüssigkeiten (Wassergefährdungsklasse 2 oder 3) "vollgesogen" sind, zum chemisch verunreinigten Bauschutt zu rechnen. Mehrere mm Altöl an Betonoberflächen machen den betreffenden Betonabbruch aber ebenfalls zum chemisch kontaminierten Bauschutt, auch wenn möglicherweise eine Ablagerung in einem eigens dafür vorgesehenen Abschnitt (Kompartiment) auch in einer Mülldeponie oder mit Basisdichtung versehener Baurestmassendeponie zulässig und sinnvoll wäre. Analoges gilt für Behandlungsrückstände im Falle einer gemeinsamen biotechnischen Behandlung von mineralölkontaminierten Bauschutt mit ölkontaminiertem Bodenaushub.

Begriff "Wassergefährdende Stoffe" (DIESEL E.-W., LÜHR H.-P.):

Wassergefährdend bei Lagerung und Transport sind insbesondere solche Stoffe oder deren Reaktionsprodukte, die grundsätzlich oder ab einer bestimmten Menge bzw. Konzentration die Beschaffenheit von Gewässern direkt oder indirekt so zu verändern vermögen, daß

- a) die Gesundheit des Menschen und seine belebte Umwelt bedroht oder anderweitig nachteilig beeinflußt oder
- b) die örtlich gegenwärtig und zukünftig in Betracht kommenden Nutzungen von Gewässern nachteilig beeinflußt oder über ein im Gesamtinteresse aller Nutzer tolerierbares Maß hinaus beeinträchtigt werden.

Bei der Bewertung wassergefährdender Stoffe bzw. Stoffgemische werden vom Bundesgesundheitsamt in Deutschland als wichtigste Kriterien die Toxizität und die Löslichkeit von Stoffen herangezogen. Danach wird die den Stoffen innewohnende "Gefahr" in Wassergefährdungszahlen bzw. Wassergefährdungsklassen ausgedrückt:

- Gefährdungsklasse 0 = WGK 0 = im allgemeinen nicht wassergefährdend,
- Gefährdungsklasse 1 = WGK 1 = schwach wassergefährdend
- Gefährdungsklasse 2 = WGK 2 = wassergefährdend
- Gefährdungsklasse 3 = WGK 3 = stark wassergefährdend.

3. ZUSAMMENSETZUNG (HAUPTBESTANDTEILE; KRITISCHE KOMPONENTEN)

Die Zusammensetzung ist im Einzelfall aufgrund der Herkunft bzw. der Geschichte der Abbruchobjekte zu eruieren. Fallbeispiele werden in den Abschnitten 7.2 und 7.3 genannt.

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ

Über die Umweltrelevanz von chemisch kontaminierten Bauschutt können keine pauschalen Aussagen getroffen werden.

Die mengenmäßigen Hauptbestandteile von chemisch verunreinigtem Bauschutt werden zunächst durch die Matrix bestimmt. Je nach Art des Bauobjektes und der Ursache der Kontamination kann es sich dabei um Ziegel, Beton, Mörtel, Holzböden, Erdaushub, ungebundene Baustoffe oder auch andere Baurestmassen handeln. Auch die Ursachen und Art der Kontaminationen können vielfältig sein. Die Zusammensetzung ist im Einzelfall aufgrund der Herkunft der Abfälle bzw. der Geschichte der Abbruchobjekte zu eruieren.

Baurestmassen werden im Allgemeinen dann als "chemisch kontaminiert" bezeichnet, wenn durch die Nutzung von Bauwerken Chemikalien oder Öl in poröse Baustoffe eingedrungen sind. Nur in seltenen Fällen treten bei der Errichtung von Bauwerken erhebliche Kontaminationen der Bausubstanz selbst ein, z.B. beim nicht sachgemäßen Umgang mit Bauhilfsmitteln.

Fallbeispiele für typische nutzungsbedingte Kontaminationen, die bei Baurestmassen vorkommen können, werden im Abschnitt 7 besprochen. (L. KÖTTER, M. NIKLAUSS, A. TOENNES).

5. ABFALLMASSEN

Eine exakte Ermittlung der anfallenden Mengen an chemisch verunreinigtem Bauschutt ist auf Grund der nicht vorhandenen Aufzeichnungen, der Unsicherheit darüber was unter dem Begriff "chemisch verunreinigt" zu verstehen ist und der Vermischung dieses Abfalles mit nicht kontaminiertem Material nicht möglich. Im Hinblick auf mögliche Vermengungen bzw. wegen der Möglichkeit einer Fehldeklaration durch den Abfallerzeuger sind auch folgende jährliche Abfallmengen von Bedeutung:

31411	Bodenaushub	5000-10000 t
31423	Ölverunreinigte Böden	40000-45000 t
31424	Sonstige verunreinigte Böden	1000-2000 t
31427	Betonabbruch	0-10 t
31409	Bauschutt	20-30 t
31441	Chemisch verunreinigter Bauschutt (Daten 1989)	1000 t
54504	Rohölverunreinigtes Erdreich, Abbruchmaterial und Aushub	15000-20000 t

Bei den genannten Abfallmassen handelt es sich um begleitscheinpflichtige Abfälle; sie wurden also 1991 als "gefährlich" klassifiziert - z.B. aufgrund einer Eluatuntersuchung. Der Versuch, daraus die in Österreich anfallenden, kontaminierten Bauschutt-Mengen abzuschätzen, liefert allerdings keine schlüssigen Ergebnisse; die Abgrenzung zwischen "chemisch verunreinigtem

Bauschutt" und dem um eine Zehnerpotenz größeren Posten "Bodenaushub" ist zu unscharf. Sicherlich darf angenommen werden, daß ein nicht unwesentlicher Anteil des mit Abfallnachweisen (Begleitscheinen) versehenen Bodenaushubes ebenfalls chemisch verunreinigter Bauschutt ist bzw. ein Gemenge darstellt (Datengrundlage: Abfalldatenverbund).

Auch die allein durch Mineralölnfälle verursachte Menge an chemisch verunreinigtem Bauschutt kann derzeit nicht abgeschätzt werden, auch wenn beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Aufzeichnungen über die bei Mineralölnfällen ausgeflossenen Mengen verfügbar sind. Die Aufzeichnungen geben keinen Aufschluß darüber, welcher Anteil im Erdreich versickert ist oder in Gewässer gelangte. Zu vermuten ist, daß ein nicht unerheblicher Anteil bei stationären Anlagen auch zur Kontamination von Bauobjekten führte.

Tabelle 1:
Unfälle mit Mineralölprodukten, 1980 bis 1985

Jahr	Unfälle auf Straßen [I]	Unfälle auf Schienen [I]	Stationäre Anlagen, sonstige Anlagen, Schiffsverkehr [I]
1980	66.000	60.000	102.000
1981	28.000	217.000	479.000
1982	19.000	---	172.000
1983	17.000	18.000	64.000
1984	85.000	40.000	253.000
1985	57.000	69.000	79.000

Neuere Erhebungen über Unfälle mit Mineralölprodukten sind nicht bekannt. Nach Mitteilung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Abtlg. Wasserwirtschaftskataster, werden Mineralölnfälle dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft von den Landesregierungen gemeldet, jedoch in neuerer Zeit nicht statistisch ausgewertet.

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSARTEN

ÖNORM S 2100 (1983):

nicht enthalten

ÖNORM S 2100 (1990):

C/P, TB, D nach K

ÖNORM S 2101 Entwurf 1992:

enthalten

BRD TA-Abfall (1990):

SAD (Monodeponie)

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG

Aufgrund der Vielfalt der Baumaterialien und Kontaminationsarten gibt es zur Behandlung kontaminierter bzw. chemisch verunreinigter Bauteile keine allgemein anwendbaren Methoden.

Grundsätzlich kann wie auch bei der Altlastensanierung zwischen "in-situ"-Behandlungsmethoden, bei denen der Bauschutt an seiner ursprünglichen Stelle belassen wird, und einer Behandlung, Aufbereitung oder Ablagerung nach dem Abbruch (und der Zerkleinerung) unterschieden werden. Die Behandlung bzw. Aufbereitung kann "on-site" - z.B. mit einer mobilen Aufbereitungsanlage - oder "off-site" durchgeführt werden.

Zur Zeit wird laut telefonischen Mitteilungen von Abfallsammlern und -beseitigern in Österreich ein Teil der anfallenden chemisch verunreinigten Bauschuttmengen gemeinsam mit nicht kontaminiertem Material deponiert, ein geringer Teil wird in chemisch-physikalischen Anlagen behandelt und ein Teil, vor allem mit Metallen belastetes Material, wird exportiert.

Eine klare begriffliche Abgrenzung zwischen "chemisch verunreinigtem Bauschutt (Schlüssel-Nr. 31441)" und den Schlüssel-Nummern 31423 "ölverunreinigte Böden" und 31424 "sonstige verunreinigte Böden" fehlt in der ÖNORM S 2100. Damit wird eine Abkehr von der bisherigen Entsorgungspraxis, die oft keine Abtrennung kontaminierter Bauteile von eventuell nur leicht kontaminiertem Aushubmaterial vornimmt, erschwert. Die Klassifikation kontaminierter Baurestmassen bzw. kontaminiertem Bodenaushub unterliegt daher der Willkür bzw. sie ist von der Art der Probenahme und Untersuchung der Abfälle abhängig. Beispielsweise wurden im Bundes-Abfallwirtschaftsplan die 1989 gemeldeten Massen von chemisch verunreinigtem Bauschutt, nach Bundesländern getrennt, angegeben; dabei fällt auf, daß in 4 Bundesländern scheinbar überhaupt kein so zu bezeichnender Abfall anfiel, während in einem Bundesland (Oberösterreich) fast 90% der gesamtösterreichischen Menge (1000 t) gemeldet wurde.

7.1 "In-situ"-Behandlung ölverunreinigter, poröser Baustoffe

Behandlungsmethoden für die Entölung von Baustoffen - z.B. zur Entfernung von Ölfilmen in Garagen und Montagehallen - wurden zunächst entwickelt, weil auf ölhaltigem Untergrund keine tadellose Ausführung von Verputzen, Estrichen oder Anstrichen möglich ist. Diese Behandlungsmethoden, welche auf ein Entfernen der oberflächennahen Kontamination beschränkt sind, können einen Beitrag zur Vermeidung größerer Mengen an chemisch kontaminiertem Bauschutt leisten.

Voraussetzung für eine "in-situ"-Behandlung ist die Kenntnis der Art und Herkunft der Kontamination und auch der Verölungstiefe. Die Verölungstiefe kann durch Entnahme von Bohrkernen festgestellt werden.

Noch vor wenigen Jahren wurden Entölungsmittel auf Lösemittelbasis, bestehend aus einem Lösemittelgemisch und einem Emulgator, verwendet. Das Problem bei der Anwendung solcher Entölungsmittel war aber sicherlich, daß die entstehenden Waschwässer nicht in die Kanalisation eingeleitet werden durften, was in der Praxis jedoch kaum zu verwirklichen war (ENGELMANN, 1993).

Inzwischen wurde eine Paste entwickelt, die auf den ölverunreinigten Untergrund aufgetragen wird. Dabei wird das oberflächlich in Beton oder andere Baustoffe eingedrungene Öl an den Feststoffen der Paste adsorbiert; nach Trocknung der Paste wird das mit Öl angereicherte Entölungsmittel mit einer Kelle abgeschabt und zur Entsorgung abgepackt. Bei zweimaliger Anwendung dieses Entölungsmittels sollen Entölungstiefen bis 20 mm erreicht werden (ENGEL-MANN, 1993). Die Methode ist für ölkontaminierten Beton, Zementestrich, Putz, Kunststein, Naturstein, Gips und auch für Holz geeignet. Das Entölungsmittel kann nach Gebrauch thermisch behandelt werden.

7.2 Fallbeispiel 1: Sanierung eines alten Gaswerksstandortes

Auf dem Sanierungsgelände war über hundert Jahre Leuchtgas erzeugt worden, wodurch Boden und Gebäudeteile mit produktionstypischen Schadstoffen teilweise extrem belastet waren. Die Belastungen traten jedoch nicht gleichmäßig verteilt auf, sondern schwankten in ihren Konzentrationen sehr stark; so wurden beispielsweise polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe bis zu 3.200 mg/kg im Gelände festgestellt, eine Konzentration also, die eine deutliche Gefährdung des Grundwassers darstellt. Eine Sanierung des Geländes war unumgänglich (TMR, 1992).

Es wurde die kombinierte Verfahrenstechnologie der physikalischen Bodenwäsche eingesetzt, die schon in der Planungsphase ganz gezielt an die vorliegenden Konzentrationen und Materialbeschaffenheiten angepaßt werden kann. Voraussetzung dafür war eine Vorbehandlung des Aushubs durch Brechen, Absieben und Sortieren, um den unterschiedlichen Beschaffenheiten des Materials mit Rücksicht auf die spätere Wiederverwendung Rechnung tragen zu können.

Zur eigentlichen Ablösung der Schadstoffe vom Bodenmaterial und Bauschutt wurde eine mobile Waschanlage eingesetzt. Die Reinigungssubstanzen ermöglichen eine vollständige Ablösung der Schadstoffe und sorgen gleichzeitig dafür, daß Wasser- und Energieverbrauch so klein wie möglich gehalten werden. Für die groben Reste von Betonfundamenten wurde eine zusätzliche Waschanlage für die Grobfraction mit vorgeschalteter Siebmaschine aufgebaut. Am Ende der Waschstufe ist das gereinigte Material vom Waschwasser und den darin schwebenden Schadstoffen völlig getrennt, diese fallen als Restschlamm an.

Die Analyse der sanierten Böden und Bauteile ergab eine deutliche Unterschreitung der geforderten Grenzwerte, sodaß sie ohne Bedenken verwertet werden konnten. Der Restschlamm wurde über eine Siebbandpresse entwässert; es entstand ein hochverdichteter Filterkuchen, der als Zusatzstoff bei der Ziegelherstellung eingesetzt wurde. Auch das übrige Material wurde vollständig in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt, denn das Grobmaterial diente als Tragschicht im Straßenbau und auch das Feinmaterial wurde für den Straßen- und Wegebau genutzt.

Ein besonderes Augenmerk galt dem Arbeitsschutz während der Sanierungsarbeiten, alle Arbeitnehmer durchliefen vor Beginn der Arbeiten eine gründliche arbeitsmedizinische Untersuchung und waren mit Schutzhelmen, Sicherheitsstiefeln und Handschuhen ausgerüstet. Im kontaminierten Bereich wurden nur Baumaschinen eingesetzt, die mit einer Schutzbelüftung ausgerüstet waren.

Zu diesem Fallbeispiel läßt sich sagen, daß die Dekontamination der Materialien zwar vorbildlich erfolgte, die Verwertung allerdings zu unkritisch vorgenommen wurde: "Die Analyse der sanierten Böden und Bauteile ergab eine deutliche Unterschreitung der geforderten Grenzwerte, sodaß sie ohne Bedenken wiederverwertet werden konnten." Den entwässerten Restschlamm aus der Waschanlage verwendete man als Zusatzstoff bei der Ziegelherstellung und ging davon aus, daß organische Schadstoffe beim Brennen zerstört, anorganische Schadstoffe im Produkt gebunden werden; ob letzteres tatsächlich der Fall ist oder ob die anorganischen Schadstoffe eluierbar sind bzw. im Lauf der Zeit eluierbar werden, müßte kritisch untersucht werden. Eine Dissipation, d.h. eine "Verteilung und Verdünnung" von Schadstoffen ist auch im Bauwesen nicht erwünscht. Nur eine geringfügige Erhöhung von geogen über die Rohstoffe der Ziegelerzeugung ohnedies vorhandenen Konzentrationen wäre vertretbar. Besser erscheint jedoch generell eine thermische Behandlung in einer Anlage, die speziell für organische Produktionsabfälle konzipiert und betrieben wird ("Sonderabfallverbrennung").

7.3 Fallbeispiel 2: Rückbau kontaminierter Gebäude am Beispiel einer ehemaligen Galvanik

Bei der hier vorgestellten Altlastensanierung handelt es sich um einen ehemaligen Galvanikbetrieb, in dem in den Jahren 1963 bis 1968 die Veredelung von Metallteilen durchgeführt wurde. Hierbei wurden sowohl leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) zur Entfettung der Metallteile als auch Nickel, Chrom und Kupfer in Tauchbädern für den eigentlichen Galvanisierungsprozeß eingesetzt. Aufgrund städtebaulicher Maßnahmen mußte das baufällige Betriebsgebäude abgerissen werden (MÜLLER P., KUGLWER H., SCHUBERT D.; 1992).

Die umfangreiche Beprobung und die analytischen Untersuchungen der altlastenverdächtigen Gebäudesubstanz (Mauerwerk, Betonboden, Dachstuhl) ergaben massive Kontaminationen des gesamten Gebäudes durch Schwermetalle (Chrom, Nickel, Kupfer) und in geringem Umfang durch Cyanide. In den Mauerproben ergaben sich Nickel-Gesamtkonzentrationen von bis zu 370.000 mg/kg und Chrom-Gesamtkonzentrationen von bis zu 22.000 mg/kg, die verdeutlichen, daß der Abbruch des Gebäudes nur unter erheblichen Arbeits- und Emissionsschutzmaßnahmen erfolgen konnte. Nickelhaltige Stäube werden als krebserzeugend eingestuft.

Die Bestimmung der Schwermetallgehalte aus dem Eluat ergab Konzentrationen bis zum 500-fachen der zulässigen Grenzwerte für die oberirdische Ablagerung von Abfällen. Somit konnten definierte Teilmengen des Gebäudes nicht zur Ablagerung auf eine Sondermülldeponie verbracht, sondern mußten separiert und in einer Untertagedeponie eingelagert werden.

Zur Bewertung des beim Abbruch anfallenden Abfalls und zur Erstellung der notwendigen Entsorgungs- und Verwertungsnachweise war eine umfangreiche Analytik gemäß TA-Abfall, Anhänge B und D notwendig.

Nach Vorlage der analytischen Voruntersuchungen wurde für den Rückbau des Gebäudes ein Sanierungskonzept entwickelt und dabei folgende Vorgehensweise gewählt:

- Einhausung des gesamten Gebäudes inklusive Unterdruckhaltung innerhalb des abgeschoteten Bereiches
- Die Arbeiten innerhalb des besonders kontaminierten Bereichs können nur mit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung durchgeführt werden.

- Separierung des vor dem Abbruch befeuchteten Materials innerhalb des besonders kontaminierten Bereichs in verschließbare Container bzw. in 200 l-Stahlblechfässer mit anschließender Dekontamination in einer 2-Kammer-Materialschleuse und Transport zu einer Sondermüll- bzw. Untertagedeponie.
- Die Abbrucharbeiten werden im besonders kontaminierten Bereich von aktiven Staub- und Gasmessungen begleitet; außerhalb des besonders kontaminierten Bereichs belegen aktive und passive Staub- und Gasmessungen die Wirksamkeit der Abschottungen sowie die Einhaltung der Bestimmungen der TA Luft.
- Dekontamination und Abbau der Einhausung.

Die in diesem Fall getroffenen Arbeitnehmerschutz- und Sicherheitsmaßnahmen stehen also in großem Kontrast zu der Sorglosigkeit, mit der im kontaminierten Bauwerk ehemals mit giftigen Stoffen umgegangen wurde.

7.4 Verunreinigter Bauschutt aus Tankstellen - Versuch einer Bewertung

Technische Gestaltung und Aufbau von Tankanlagen

Folgende Teilkomponenten können bei einer Tankanlage unterschieden werden:

- Einfüllstutzen mit Anschlußvorrichtung für Füllschläuche
- Tank
- Saugleitung zur Zapfsäule
- Rücklaufleitung zur Zapfsäule (zugleich Entgasungsleitung)
- Zapfsäule mit Zapfpistole
- Peilrohr zur Kontrolle des Flüssigkeitsstandes

Je nach Auslegung der Tankstelle sind diese Einrichtungen getrennt für Normalbenzin, Superbenzin, z.T. Dieselmotorkraftstoff, sowie seit einigen Jahren auch für unverbleites Normalbenzin und Superbenzin vorhanden. Die Größenordnung der installierten Tanks beträgt meist 10.000 bis 25.000 l. Vor allem in Betriebstankstellen werden auch kleinere Tanks eingebaut.

In den 50er Jahren diente der Peilstab als einziges Mittel zur Feststellung der aktuellen Vorratsmenge und von Leckageverlusten. Vor dem Befüllen wurde der Restinhalt mittels Peilen ermittelt. Die Tanks sollen nur bis zu 95% befüllt werden, um bei Temperaturschwankungen dem Kraftstoff noch Ausdehnungsmöglichkeiten zu lassen.

An den Zapfpistolen war eine Vorrichtung zur Regelung der Durchflußmenge vom Feinstrahl bis zum Vollstrahl vorhanden. Automatische Zapfpistolen wurden erst im Laufe der 60er Jahre eingeführt.

Anforderungen an Tankanlagen. Sicherheitskonzepte

In der "Verordnung für brennbare Flüssigkeiten" wird über den Aspekt der Brand- und Explosionsgefahr hinaus auch der Boden- und Grundwassergefährdung Rechnung getragen.

Im einzelnen trifft die VbF u.a. folgende Regelungen für die Lagerung von Benzin auf Tankstellengeländen.

- Lagerung in unterirdischen Tanks mit mindestens 0,8m Erddeckung oder in maximal zwei dem öffentlichen Verkehr nicht zugänglichen oberirdischen Tanks mit einem Fassungsvermögen bis 1000 l
- Feste und undurchlässige Beschaffenheit des Bodens im horizontalen Wirkungsbereich von Zapfventilen
- Tanks müssen gegen den statischen Flüssigkeitsdruck und betriebsmäßig auftretende Überdrücke und Unterdrücke sowie gegen die von außen einwirkenden Belastungen und Einflüsse widerstandsfähig sein
- Tanks müssen entweder doppelwandig ausgeführt sein oder in einer Auffangwanne aufgestellt sein oder als Innenwandung mit einem Korrosionsschutz versehen sein, wenn dies zur Vermeidung von Korrosion, die die Dichtheit des Tankes beeinträchtigen kann, erforderlich ist.
- Tanks deren Werkstoffe nicht korrosionsbeständig sind, müssen gegen Korrosion von außen geschützt sein
- Jeder Tank muß mit einer Einrichtung zur Feststellung des Flüssigkeitsstandes versehen sein und mit einer Überfüllsicherung ausgerüstet sein, die rechtzeitig vor Erreichen des zulässigen Flüssigkeitsstandes den Füllvorgang unterbricht oder akustischen Alarm auslöst
- Tanks zur Lagerung von Ottokraftstoffen, die aus Straßentankwagen oder Aufsetztanks befüllt werden, müssen mit einem Grenzwertgeber ausgerüstet sein.

Von einem österreichischen Betonwerk wurde inzwischen ein Verbundstein entwickelt, der Öl, Dieseltreibstoff und Benzin aufnimmt und auch einem aeroben Abbau zugänglich macht. Damit eröffnen sich neue Perspektiven bei der Bekämpfung von Tropfverlusten bei Tankstellen, Garagen etc.

Zurückbleiben von Produktresten nach Stilllegung

Normalerweise müssen Tanks nach der Stilllegung, wenn sie an Ort und Stelle verbleiben, ordnungsgemäß gereinigt und verfüllt werden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß diese Arbeiten nicht oder aber unsachgemäß durchgeführt werden und z. B. der schlammige Bodensatz im Tank zurückgeblieben ist.

Ständige Verluste an Zapfstellen und Zusammensetzung der Treibstoffe

Das Problem möglicher Boden- und Baustoffverunreinigungen durch ausgelaufene Motorenkraftstoffe auf Tankstellenstandorten stellt sich mit zunehmender Zahl betriebener Kraftfahrzeuge.

Hinsichtlich der Art möglicher Verluste ist - abgesehen von Folgen singulärer Ereignisse wie Kriegseinwirkungen oder Brände, deren mengenmäßige Bedeutung im Einzelfall die aller ande-

ren Verluste überschreiten kann - zwischen Leckagen und Überfüllung als Einzelereignissen mit möglichen großen Austrittsmengen und geringen jedoch fortlaufend wirksam werdenden Handhabungsverlusten beim Zapfen bzw. beim Ölwechsel zu unterscheiden.

Den Handhabungsverlusten kommt vor allem vor Einführung der automatischen Zapfpistolen größere Bedeutung zu. Mit zunehmender Durchsetzung wasserrechtlicher und gewerberechtlicher Regelungen im Laufe der 70er Jahre erscheint sowohl das Leckage- als auch das Handhabungsverlustrisiko deutlich vermindert.

Die Zusammensetzung von Vergasertreibstoffen ist für folgende Zeitabschnitte durch folgende problematische Komponenten gekennzeichnet:

Bis 1939: sehr hohe Benzolgehalte

Nach 1939: unterschiedliche Benzolgehalte

Etwa 1939 bis 1971: hohe Gehalte Bleialkylen (TEL und TML)
TEL = Bleitetraethyl; TML = Bleitetramethyl
Gemische aus TEL bzw. TEL plus TML mit Ethylendibromid und Ethylenchlorid wurden als gebrauchsfertige Antiklopfmittel vertrieben (bis 1960 vorwiegend TEL).

Seit 1971: zunehmende Begrenzung des Gehalts an Bleialkylen. Inzwischen werden in Österreich ausschließlich bleifreie Treibstoffsorten hergestellt. Bleihaltiges Benzin darf an Tankstellen nur mehr bis Herbst 1993 vertrieben werden.

Auch weniger flüchtige Komponenten, wie z.B. Phenylendiamin oder Alkylphenole (Antioxidation) und N,N-disalicyliden-1,2-propandiamin (Metallinhibitor) können in Treibstoffen vorhanden sein (HOBSON, 1984). Es ist zu vermuten, daß bei ständig wiederkehrenden Treibstoffverlusten sich weniger flüchtige Komponenten in den betroffenen Bauteilen anreichern. Flüchtigere Komponenten können sich in porösen Baustoffen nach Verdunstung auch durch Diffusion in der Gasphase weiterbewegen.

Normalbenzin und Superbenzin sind als wassergefährdende Stoffgemische eingestuft. Hinsichtlich Gesundheitsgefährdung wird in der Schweizer Giftliste für Motorenbenzin eine Einstufung in die Giftklasse 5 vorgenommen. Angesichts der in hohen Anteilen enthaltenen mindergiftigen Komponenten und der in nicht unbedeutenden Anteilen enthaltenen giftigen bzw. krebserzeugenden Komponenten erscheint eine höhere Einstufung angemessen. Toluol und Xylol als mengenmäßig bedeutende Komponenten werden als mindergiftig eingestuft, Benzol als mengenmäßig nicht unbedeutende Komponente wird als giftig und krebserzeugend eingestuft.

Dieselmotorenkraftstoff ist ebenfalls als wassergefährdendes Stoffgemisch eingestuft. Im Vergleich zum Benzin weist Dieselmotorenkraftstoff geringere Gehalte an Toluol, Xylol und Benzol auf, jedoch höhere Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, von denen einige unter dem Verdacht stehen, krebserzeugend zu wirken.

Additive für Dieselmotorenkraftstoffe haben erst im Laufe der 70er Jahre an Bedeutung gewonnen. Als toxische Stoffe sind vor allem die Zündbeschleuniger Amylnitril und Nitrobenzol zu nennen.

Auch das Problem von Kontaminationen mit Altöl ist auf Tankstellen gegeben. Bereits frisches Motorenöl enthält Zusätze - z.B. Phosphorsäureester und Zinkverbindungen - die toxikologisch nicht unbedenklich sind. Weiters ist bei Altöl stets eine gebrauchsbedingte Verunreinigung durch Metalle und besonders durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe vorhanden.

7.5 Ablagerungspraxis in Österreich

Laut Auskunft von Deponiebetreibern werden stark kontaminierte Baurestmassen nur mit einem Gutachten von Ziviltechnikern und staatlich autorisierten Untersuchungsanstalten angenommen; als Kriterium für die Zuordnung zu gefährlichen Abfällen wird hauptsächlich die Eluatklasse herangezogen, teilweise auch die Gesamtgehalte.

Das Risiko, daß nicht deklariertes kontaminiertes Material vermischt mit gering belastetem Bauschutt bei Deponien angeliefert wird, ist derzeit groß und kann auch durch Eingangskontrollen nicht restlos ausgeschaltet werden. Auf ein engmaschiges Netz von Eigenkontrollen durch Deponiebetreiber - eventuell gekoppelt mit Fremdkontrollen durch Wasserrechts- oder Abfallbehörden - kann jedoch in Zukunft nicht verzichtet werden.

7.6 Chemische Kriterien für chemisch verunreinigten Bauschutt und Erdaushub

7.6.1 Elementargehalte von Böden und Bauschutt

In Bezug auf die unterschiedlichen Nutzungsarten von Arealen haben EIKMANN und KLOKE (1991) sogenannte "nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerte" erarbeitet. Sie definieren einen "Unbedenklichkeitsbereich", innerhalb dessen bei Einhaltung bestimmter Grenzwerte der Boden beliebig ("multifunktional") genutzt werden kann, darüber hinaus zwei weitere Bereiche, nämlich einen "Toleranzbereich" und einen "Toxizitätsbereich", die jedoch von der Nutzungsart abhängig betrachtet werden. So kann z.B. - so die Auffassung von EIKMANN und KLOKE - für Industrie-, Gewerbe und Lagerflächen höhere Schwermetallgehalte in Böden toleriert werden als für Park- und Freizeitanlagen und hier wiederum höhere als bei Kinderspielflächen oder bei landwirtschaftlicher Nutzung des Bodens.

Dabei werden folgende Nutzungsarten unterschieden:

- Nr.0: Multifunktionale Nutzungsmöglichkeit
- Nr.1: Kinderspielflächen
- Nr.2: Haus- und Kleingärten
- Nr.3: Sportplätze
- Nr.4: Park- und Freizeitanlagen; unbefestigte, vegetationsarme Flächen
- Nr.5: Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, unversiegelt
- Nr.6: Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, versiegelt oder bewachsen
- Nr.7: Landwirtschaftliche Nutzflächen, Obst- und Gemüseanbau
- Nr.8: Nicht-agrarische Ökosysteme

Die von EIKMANN und KLOKE ausgearbeiteten Begriffe und Orientierungswerte sind für die gegenständliche Studie zur Vermeidung, Verwertung und Entsorgung von chemisch verunreinigtem Bauschutt insofern interessant, als bei Altlasten und Verdachtsflächen die Entscheidung darüber, ob Fundamente und Böden im Areal verbleiben dürfen (und eventuell auch nach Um-

lagerung als Auffüllung verwendet werden) oder als "Abfall" entsorgt bzw. behandelt werden müssen, oft anhand von Analysen und Richt- oder Orientierungswerten getroffen wird. Darüber hinaus ist selbstverständlich die Geschichte des Standortes und die vorherige Nutzung verunreinigter oder potentiell verunreinigter Gebäude ein weiteres wesentliches Kriterium bei derartigen Entscheidungen.

Orientierungswerte für Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen werden in der Tabelle 2 den Richtwerten für Inertstoffdeponien aus dem Jahre 1990 (RICHTLINIE, 1990) gegenübergestellt. Die Tabelle 3 schließlich vergleicht die in der BRD vom Deutschen Institut für Gütesicherung und vom Österreichischen Baustoff-Recyclingverband empfohlenen Eluatrichtwerte für verwertbare Baurestmassen.

Tabelle 2:

Orientierungswerte für Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen im Vergleich zu unbedenklichen Schadstoff-Gesamtgehalten von Böden und zu Inertstoffen gemäß Richtlinie (1990)

Anorganischer (Schad)-stoff mg/kg TS	Orientierungswert zur Abgrenzung des Toxizitätsbereiches vom Toleranzbereich ¹⁾	Orientierungswert für nicht verunreinigte Böden (multifunktionale Nutzungsmöglichkeit) ¹⁾	Richtwert ²⁾ für die Ablagerung von Inertstoffen gemäß Richtlinie (1990)
Arsen	150	20	50 (150)
Blei	2000	100	150 (500)
Beryllium	20	1	---
Cadmium	20	1	2
Chrom	800	50	300
Kobalt	---	---	50
Kupfer	1000	50	100 (500)
Quecksilber	20	0,5	1
Nickel	500	40	100 (200)
Selen	70	1	---
Thallium	30	0,5	---
Zink	3000	150	200 (500)

1) Orientierungswerte nach KLOKE und EIKMANN (1991) für Industrie-, Gewerbe und Lagerflächen, unversiegelt. Werden diese Orientierungswerte überschritten, dann muß der Standort im Allgemeinen saniert werden.

2) Österreichische Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen (1990). Stoffe, die in Inertstoffdeponien abgelagert werden, dürfen die nicht in Klammern gestellten Gesamtgehalte nicht überschreiten. Eine Überschreitung eines Parameters bis zum in Klammer gestellten Wert ist zulässig.

In der folgenden Tabelle 3 werden auszugsweise Eluatkriterien der "Güte- und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung zur Wiederverwendung von kontaminierten Böden und Bauteilen (RAL-RG 501/2)" des deutschen Institutes für Gütesicherung und Kennzeichnung und der "Richtlinie für Recycling-Baustoffe" des Österreichischen Güteschutzverbandes Recycling-Bau, stoffe verglichen. Der Parameterumfang dieser beiden Richtlinien ist teilweise erheblich größer als der hier dargestellte Auszug. Zu beachten ist außerdem, daß die RAL-RG 501/2 zusätzlich Schadstoff-Gesamtgehalte als Gütekriterien verwendet. Adressen für eine Bestellung der einschlägig für die Verwertung von Baurestmassen erstellten Richtlinien finden sich im Anhang.

Tabelle 3:

Vorschläge für Eluatkriterien für verwertbare Baurestmassen in Deutschland und Österreich

Parameter im Eluat (mg/l)	Deutschland "RAL-RG 501/2"			Österreich ÖNORM S 2072 Eluatklassen	
	Güteklasse 1	Güteklasse 2	Güteklasse 3	1b	oder 2a
pH-Wert	ist zu bestimmen			5,5 bis 11	5,5 bis 12
Leitfähigkeit	ist zu bestimmen			150 mS/m	300 mS/cm
PAK gesamt	0,005	0,01	A)	0,002	0,003
Phenole	0,1	D)	D)	0,1	0,1
CSB	ist zu bestimmen			40	50
KW gesamt	1	10	D)	0,2	1,0
POX bzw. AOX	0,5 E)	F)	F)	0,03	0,1
Ammonium-N	ist zu bestimmen			2,0	5,0
Arsen	0,2	0,5	1	0,1	0,1
Blei	0,2	1	2	0,1	0,5
Beryllium	---	---	---	0,005	0,005
Cadmium	0,02	0,25	0,5	0,005	0,05
Chrom	0,05	1	3	0,1	1,0
Kobalt	B)	1	5	0,1	0,5
Kupfer	1	1	5	1,0	1,0
Quecksilber	0,001	0,05	0,5	0,002	0,005
Nickel	0,05	0,5	5	0,1	0,5
Selen	0,01	0,1	1	0,05	0,05
Zink	5	C)	C)	3,0	3,0

Legende:

- A) Mit 25 mg/kg TS im Feststoff begrenzt.
- B) Mit 20 mg/kg TS im Feststoff begrenzt.
- C) Mit 500 mg/kg TS (Güteklasse 2) bzw. mit 1500 mg/kg TS (Güteklasse 3) im Feststoff begrenzt.
- D) Im Feststoff begrenzt, wie auch zahlreiche organische Stoffe und Stoffgruppen im Feststoff begrenzt wurden.
- E) Adsorbierbares organisches Chlor (AOCl)
- F) Extrahierbares organisches Chlor (EOCl) im Feststoff begrenzt.

7.6.2 Verwertung kontaminierter Böden und Bauteile gemäß RAL-RG 501/2

Vom Deutschen Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung wurden 1991 Güte- und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung und Wiederverwendung von kontaminierten Böden und Bauteilen herausgegeben. (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, Adresse im Anhang). Diese Güte- und Prüfbestimmungen enthalten die Qualitätsanforderungen für die Aufbereitung zur "Wiederverwendung"(=Verwertung) kontaminierter Böden und Bauteile nach 3 Güteklassen.

Die Güte- und Prüfbestimmungen regeln ferner Art, Umfang und Häufigkeit der Eigen- und Fremdüberwachung bei der Verwertung und auch die Sicherheitsmaßnahmen beim Abbruch kontaminierter - insbesondere auch mit giftigen Stoffen verunreinigter - Bauwerke. Die RAL-RG 501/2 hat Richtliniencharakter und soll in erster Linie dazu dienen, Voraussetzungen für eine einheitliche Bezeichnung und Beurteilung der aufbereiteten kontaminierten Böden und Bauteile zu schaffen. Nur in Sonderfällen ist die Eignung der aufbereiteten Böden und Bauteile für die vorgesehene Anwendung durch ein neutrales Gutachten nachzuweisen.

Die RAL-RG 501/2 enthält Güte- und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung von kontaminierten Böden und Bauteilen

- bei in-situ-Behandlung auch dann, wenn kontaminierte Bauteile im eingebauten Zustand verbleiben
- bei on-site-Behandlung und/oder off-site-Behandlung, wenn anschließend die behandelten bzw. aufbereiteten Böden oder Bauteile verwertet werden.

Aufgrund der Vielzahl der möglichen Kontaminationen war man bei der Erarbeitung der RAL-RG 501/2 bestrebt, auch eine große Zahl organischer Parameter für alle drei Güteklassen zu begrenzen. Insgesamt wurden für 69 Parameter Grenz- bzw. Orientierungswerte erstellt; darüber hinaus wurde bei folgenden Parametern ohne Angabe von Grenz- oder Orientierungswerten festgelegt, daß zu bestimmen sind:

Güteklasse 1, 2 oder 3 - Parameter ohne Grenzwerte - "ist zu bestimmen":

- pH-Wert
- Färbung
- Leitfähigkeit
- Löslicher Anteil in Gew %
- CSB
- DOC
- Fluorid
- Chlorid
- Ammonium-N
- Nitrat
- Nitrit-N
- Phosphat
- Sulfat
- Sulfid

Hier liegt ein wesentlicher Unterschied zur derzeit aktuellsten Fassung der Richtlinie für Recycling-Baustoffe des Österreichischen Baustoff-Recyclingverbandes vor, in der die genannten Parameter durch Verweis auf die ÖNORM S 2072 begrenzt werden. Die RAL-RG 501/2 gründet die in ihr getroffene Unterteilung in 3 Güteklassen eher auf spezifische organische Verschmutzungsindikatoren wie z.B. Benzol, PAK, chlorierte Kohlenwasserstoffe und auf Schwermetallgehalte (Eluat und Gesamtgehalte). Für eine Erstuntersuchung und vorläufige Beurteilung wäre aber zusätzlich eine Begrenzung mit Summen- und Screeningparametern wie z.B. pH-Wert, CSB, DOC und elektrische Leitfähigkeit zweckmäßig. Sicherlich kann bei spezifischer Verunreinigung von Bauwerken oder Böden mit einer bestimmten Chemikalie oder einer bestimmten Zubereitung die Umweltverträglichkeit immer dann mit größerer Treffsicherheit beurteilt werden, wenn die spezifische Verunreinigung identifiziert, quantifiziert und aus toxikologischer Sicht bewertet wurde. Einem möglichst umfassenden Parameterkatalog für die Verwertung von behandeltem, aus "chemisch verunreinigtem" Bauschutt hergestelltem Material ist daher zuzustimmen.

Wie bei anderen Altstoffen ist auch bei Recycling-Baustoffen die Anwendung bzw. Verwertung auf bestimmte Anwendungsbereiche beschränkt, wenn der Altstoff nicht hervorragende Qualitäten besitzt. Die RAL-RG 501/2 formuliert die bei Güteklasse 2 und 3 notwendigen Anwendungsbeschränkungen folgendermaßen (Auszug, kursiv):

"Grundsätzlich ist die Verwertung von aufbereiteten kontaminierten Böden und Bauteilen mit den für den Verwendungsort zuständigen Fachbehörden abzustimmen. Die zuständigen Behörden müssen im einzelnen Fall standortbezogen über die Verwendung entscheiden."

Die Verwendung von Material der Güteklasse 2 als Unterbodenmaterial ist grundsätzlich geeignet. Es ist abzustimmen, ob eine Analyse der relevanten Parameter in der Trockensubstanz, im Eluat oder in beidem durchzuführen ist.

Die Verwendung des Materials der Güteklasse 3 ist grundsätzlich geeignet für die Verfüllung von Gruben und Aufschüttungen mit abgedeckter Oberfläche unter Beachtung der Grundwasserverhältnisse, wenn dem keine standortspezifischen Bedingungen entgegenstehen."

Die Unbestimmtheit der Aussage bezüglich des erforderlichen Analysenumfanges bei der Güteklasse 2 erscheint nicht akzeptabel.

Betreffend Güteklasse 1 wird in der RAL-RG 501/2 festgehalten:

"Die Werte der Güteklasse 1 für Schwermetalle liegen im Bereich der geogenen Grundlast. Die Materialien der Güteklasse 1 sind generell einsetzbar, wenn dem keine standortspezifischen Bedingungen entgegenstehen."

Abschließend noch eine Bemerkung zur Aufbereitung bzw. Behandlung kontaminierter Böden und Bauteile: Die Autoren der RAL-RG 501/2 haben Bedacht darauf genommen, daß in Konzentrationseinheiten ausgedrückte Grenzwerte stets durch eine entsprechende Verdünnung unterschritten und so auch umgangen werden können. Die RAL-RG 501/2 regelt daher auch das Ausmaß einer zulässigen, im Einzelfall durch die Aufbereitung bedingten Verdünnung (Auszug, kursiv):

"Die Zugabe von Zuschlagstoffen zur Verfahrensverbesserung bei der Aufbereitung in einer Gesamtmenge von > 5 Gew.-% ist unzulässig, wenn ein Schluffanteil ($< 0,063$ mm) des aufzubereitenden Gutes von < 20 Gew.-% vorliegt.

Die Zugabe von Zuschlagstoffen zur Verfahrensverbesserung bei der Aufbereitung in einer Gesamtmenge von bis zu < 30 Gew.-% ist nur zulässig bei einem Schluffanteil > 20 Gew.-% im aufzubereitenden Gut.

Zugaben von Zuschlagstoffen bei der Aufbereitung in einer Gesamtmenge > 30 Gew.-% sind grundsätzlich unzulässig."

7.6.3 Die Österreichische Richtlinie für Recycling-Baustoffe (RRB)

Auch die Richtlinie für Recycling-Baustoffe des Österreichischen Güteschutzverbandes Recycling-Baustoffe enthält Bestimmungen betreffend die Verwertung mineralischer Baurestmassen, die nur beschränkt verwertungsfähig sind, auch wenn der Begriff "chemisch verunreinigter Bauschutt" in der RRB nicht vorkommt. Die einschlägigen Bestimmungen befinden sich im Abschnitt "Einsatz von Recycling-Baustoffen höherer Eluatklasse außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches":

" Eine Verwendung von Recycling-Baustoffen mit höherer Eluatklasse außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches ist nur dann zulässig, wenn die Meßwerte des Eluats für die stoffspezifischen Parameter (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat, Gesamtkohlenwasserstoffgehalt) höchstens die festgelegten Grenzwerte der Eluatklasse II a erreichen. Für alle anderen ermittelten Parameter gelten die höchstzulässigen Grenzwerte der Eluatklasse I b. Beträgt die Einbauhöhe von Dammschüttungen, in welchen Recycling-Baustoffe zur Verwendung kommen, mehr als 1,0 m, so sind geeignete Überwachungsmaßnahmen (z.B. Meßsonden, Meßbrunnen etc.) anzuordnen. Ist aufgrund der Meßergebnisse eine Beeinträchtigung des Grundwassers zu erwarten, sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung zu treffen.

Durch Anwendung von Verfestigungstechnologien können Materialien einer höheren Eluatklasse in eine niedrigere Eluatklasse gebracht werden. Die verfestigten Baustoffe sind nach genormten Prüfverfahren (z.B. ÖNORM S 2072) auf ihre diesbezügliche Eignung zu untersuchen. Weiters sind die Anwendungsbereiche dieser Materialien zu dokumentieren.

Weiters ist die Verwendung von Recycling-Baustoffen höherer Eluatqualität außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches zulässig, sofern die Durchsickerung der aus Recycling-Baustoffen hergestellten Schichten durch Oberflächenwässer mittels Oberflächenverschluß verhindert wird."

Die Leitlinie der RRB besteht darin, daß nur Recycling-Baustoffe, deren Eluat die Grenzwerte der Eluatklasse I b der ÖNORM S 2072 nicht überschreiten, multifunktionell anwendbar sind. Dabei wurde in der RRB Bezug genommen auf die Ausgabe der ÖNORM S 2072 vom 1. Dez. 1990. Werden die Grenzwerte der Eluatklasse I b überschritten, dann bestehen nach oben zitiertem Text im Wesentlichen 3 Möglichkeiten (siehe auch Abbildung 1):

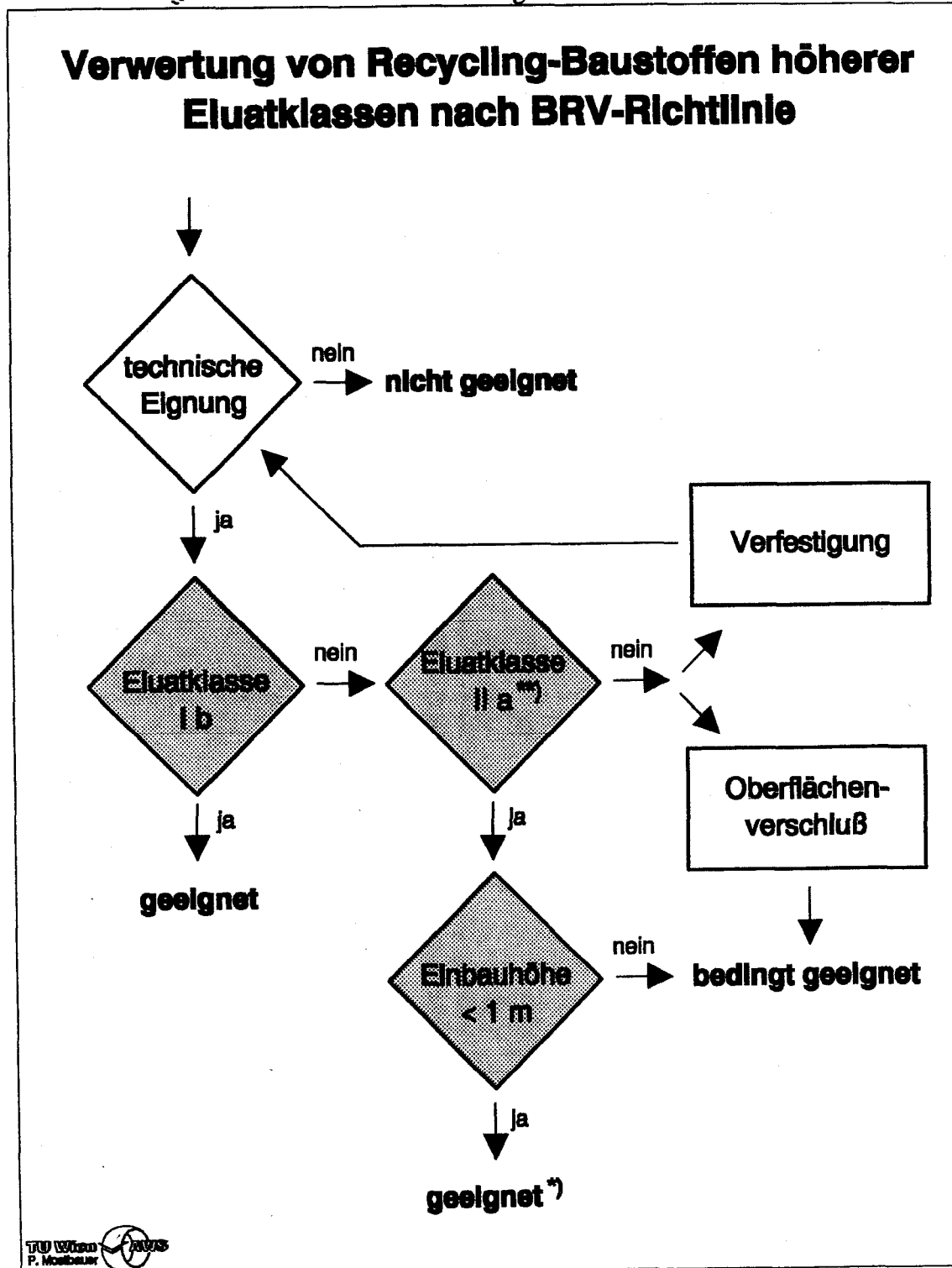
- 1) Nur die Grenzwerte für einen oder mehrere der Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat und KW gesamt werden überschritten. Die Überschreitung des Grenzwertes ist (bau)stoffspezifisch und kann daher bis zum Grenzwert der Eluatklasse II a der ÖNORM S 2072 toleriert werden.
- 2) Recyclingbaustoffe "höherer Eluatklasse" werden verfestigt.
- 3) Recyclingbaustoffe "höherer Eluatklasse" werden unter einem "Oberflächenverschluß" eingebaut.

Zum Fall 1) ist zunächst zu sagen, daß selbstverständlich z.B. bei der Elution von Beton eine Überschreitung der Grenzwerte "I b" bei den Parametern pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit fast immer zu erwarten ist, ebenso der Parameter elektrische Leitfähigkeit und Sulfat bei der Elution von gipshältigen mineralischen Baurestmassen. Es erscheint daher nicht sinnvoll, strikt die Grenzwerte der Eluatklasse I b bei der Verwertung von Baurestmassen zu fordern. Andererseits darf aber auch die Verwertung zu keiner nachteiliger Veränderung der Grundwasserqualität führen. Wie dies mittels chemischer Kriterien auch unter Berücksichtigung des Standortes der Verwertung erreicht werden kann, ist derzeit noch offen. Lösungsansätze dazu werden im Abschnitt 8 vorzufinden sein. Die zusätzliche Festlegung von Gesamtgehalten als Qualitätskriterien für die Verwertung (ähnlich wie in der RAL-RG 501/2) ist erwünscht.

Zu 2) - Verfestigung: Die Verfestigung darf nicht auf ein oberflächliches, nur temporär wirksames "Umhüllen" beschränkt sein. Die Langzeitbeständigkeit der Verfestigungsprodukte ist nachzuweisen. Wenn die Langzeitbeständigkeit nicht nachgewiesen werden kann, dann werden die Gesamtgehalte weiterhin entscheidende Qualitätskriterien sein. Überwachungsmaßnahmen, die den Erfolg der Verfestigung kontrollieren und dokumentierbar machen, sind im Einzelfall besonders bei erstmaliger Anwendung neuer Verfestigungstechnologien zu setzen.

Zu 3) - Der Philosophie des "Oberflächenverschlusses" kann nicht zugestimmt werden. Einerseits sind von Menschenhand errichtete Barrieren und Dichtungsschichten stets nur "technisch dicht", andererseits kann auch seitlicher Wasserzutritt, Kondenswasserbildung etc. nicht immer ausgeschlossen werden. Bei flüchtigen Inhaltsstoffen ist außerdem eine Ausbreitung über die Gasphase möglich, schlimmstenfalls sogar durch eine biologische Aktivität im sogenannten "Recycling-Baustoff". In jedem Fall sind daher chemische Qualitätskriterien festzulegen.

Abbildung 1:



*) Verwertung nur außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches

**) Eluatklasse Ib, mit Ausnahme der Parameter pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat und Kohlenwasserstoffe gesamt, für die die Werte der Eluatklasse 2a maßgeblich sind.
 $5,5 < \text{pH} < 12$; el. Leitf. $< 300 \text{ mS/m}$; Kohlenwasserstoffe $< 1,0 \text{ mg/l}$

7.7 Die neuen "Leistungsbeschreibungen Hochbau"

Vom Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten wurden die "Leistungsbeschreibungen Hochbau", welche bei öffentlichen Ausschreibungen oft als vorformulierte Vertragstexte Verwendung finden, im 2. Halbjahr 1992 durch Abschnitte über Abbrucharbeiten und Erdarbeiten ergänzt. Diese beiden Abschnitte werden voraussichtlich Mitte 1993 veröffentlicht. Neu eingeführt wurde hierin unter anderem die Positionsnummer 02.09 Z "Abbruch Sonderkosten". Unter dem Punkt 01 steht dort:

" Trennen der gefährlichen Abfälle und Altöle während der Abbrucharbeiten von den nicht gefährlichen Abfällen, gesondert lagern und so behandeln, daß Beeinträchtigungen, im Sinne der zur Zeit der Angebotsabgabe gültigen Gesetze, vermieden werden. Abtransportieren der Materialien zur befugten Sammel- oder Entsorgungsstelle. Abgerechnet die vom Auftraggeber bestätigte von der Baustelle abtransportierte Menge. Ohne Gebühren für die Entsorgung. Zur Verrechnung dürfen nur Mengen herangezogen werden, die nachweislich nicht aus Quellen stammen, die der Auftragnehmer zu vertreten hat, z.B. Altöl von seinen Geräten und Transportmitteln."

Damit wird der Verordnung 259 § 4 des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien, die bekanntlich mit 1. Jänner 1993 in Kraft getreten ist, Rechnung getragen. § 4 verlangt, daß gefährliche Abfälle und Altöle jedenfalls getrennt von nicht gefährlichen Abfällen so zu lagern sind, daß Beeinträchtigungen vermieden werden.

Die Bestimmungen der Verordnung und auch der Text der "Leistungsbeschreibung Hochbau" betreffen sowohl chemisch verunreinigten Bauschutt als auch gefährliche Abfälle, die im Zuge von Bautätigkeiten bzw. Abbrucharbeiten sonst anfallen (z.B. Ölwechsel bei Baumaschinen etc.).

Anforderungen oder Hinweise für die Entsorgung kontaminierter oder potentiell kontaminierter Baulichkeiten sind aber auch in den neuen Abschnitten der Leistungsbeschreibung für den Hochbau nicht enthalten.

8. PERSPEKTIVEN

8.1 Vermeidung

Eine Vermeidung von "chemisch verunreinigtem Bauschutt" ist nur durch den Verzicht auf wassergefährdende bzw. gefährliche Stoffe und / oder durch mehr Anlagensicherheit möglich.

Konzepte und Bestrebungen zur Einschränkung der Anwendung besonders toxischer, biologisch resistenter Stoffe müssen unterstützt werden. Weitere, auf Basis der österreichischen Chemikaliengesetzgebung erlassene Anwendungsverbote würden die Gefahren der Entstehung kontaminierter Baurestmassen und kontaminierter Böden verringern. Auch bei der Zulassung von Bauhilfsmitteln ist deren Toxizität und Abbaubarkeit stärker als bisher zu berücksichtigen.

Vorkehrungen gegen schwerwiegende Kontaminationen von Bauteilen müssen getroffen werden. Auffangwannen und Katastrophenschächte aus Beton und Mauerwerk sollten auch im Katastrophenfall nur für eine beschränkte Zeit mit wassergefährdenden Stoffen in Berührung kommen. Dies sollte beim Erstellen von Katastrophenplänen und Sicherheitskonzepten für Anlagen, in denen die wassergefährdende Flüssigkeiten vorhanden sind oder vorhanden sein können, berücksichtigt werden. Weiters ist für gefahreneigene Anlagen stets zu beachten, daß eine bauliche Anordnung unter der Geländeoberkante ein erhöhtes Risiko eines unkontrollierbaren "Verschütten und Vergessens" nach sich zieht.

8.2 Verwertung und Entsorgung

Es besteht in Zukunft ein verstärkter Bedarf an der Überwachung und Kontrolle jeder Bewegung potentiell kontaminierter Baurestmassen. Wenn Bauwerke oder Bauelemente (inklusive Fundamente) in einem Ausmaß kontaminiert wurden, daß sie im Falle eines Abbruchs als gefährlicher Abfall gelten, dann sollten diese Bauwerke oder Bauelemente besonders gekennzeichnet werden. Eine Kennzeichnung ("Gefahrentafel" für den Abbruch) könnte z.B. in den Bauordnungen der Länder verbindlich gefordert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre eine entsprechende Erweiterung von Altlastenkatastern oder von Asbest-Katastern.

Abbruchgebäude, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit auch jetzt schon aufgrund ihrer Geschichte chemisch verunreinigte Bau- bzw. Anlagenteile enthalten, sollten vor dem Abbruch an den Verdachtsstellen und den angrenzenden Bereichen beprobt werden; bezüglich der relevanten Schadstoffe sind umfangreiche Untersuchungen durchzuführen.

Chemisch verunreinigter Bauschutt ist nach den Bestimmungen des Abfallwirtschaftsgesetzes, der Abfallnachweisverordnung und der Baurestmassen-Trennverordnung zu entsorgen. Eine obertägige Ablagerung in Deponien ohne vorherige Behandlung soll im Allgemeinen nicht möglich bzw. nicht zulässig sein.

9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES

9.1 Festlegung klarer Begriffe

Chemisch verunreinigter Bauschutt ist im Katalog gefährlicher Abfälle enthalten (ÖNORM S 2101). Der Begriff "chemisch verunreinigter Bauschutt" muß in Zukunft näher definiert werden. Baurestmassen, die überwiegend aus porösen Baustoffen bestehen, deren Poren mit wassergefährdenden (WGK 2) oder stark wassergefährdenden (WGK 3) Flüssigkeiten gefüllt sind, sind jedenfalls sowohl als "(erheblich) chemisch kontaminiert" als auch als "gefährlicher Abfall" anzusprechen. Für jeden anderen chemisch kontaminierten Bauschutt sind Kriterien festzulegen, die eine Unterscheidung zwischen gefährlichen (verunreinigten) und nicht gefährlichen Abfällen erlauben (Abfallzusammensetzung und Eluatzusammensetzung). Geringfügige Kontamination rechtfertigt keine Einstufung als "gefährlicher Abfall".

Bei den nicht gefährlichen Baurestmassen müssen ebenfalls unterschiedliche "Qualitäten" definiert werden. So sind z.B. bei der Ablagerung "Inertstoffe" und andere, nicht gefährliche Baurestmassen zu unterscheiden. Für die stoffliche Verwertung geringfügig kontaminierter anorganischer Baurestmassen sind wasserwirtschaftliche Kriterien festzulegen (siehe Abschnitte 7.6.1 bis 7.6.3).

Nach Festlegung einheitlicher Begriffe ist auch eine Erhebung der Mengen möglich. Damit steht eine Basis für ein bundesweites Bewirtschaftungs- und Entsorgungskonzept zu Verfügung.

10. LITERATUR

BGBI. 553/1991: Verordnung des Bundesministerium. f. wirtschaftliche. Angelegenheiten über die Bezeichnung gefahreneigter Anlagen und über die den Inhaber einer solchen Anlage in bezug auf Störfälle zu treffenden Verpflichtungen.

BUNDESGESUNDHEITSBLATT 1/1990; Bundesgesundheitsamt: Empfehlungen zur Reinigung von Gebäuden nach Bränden; Technische Vorschriften für die Abfallbeseitigung; 27.Lfg.VI 90, Kennzahl 10 870; Hösel G., Lindner K.-H., Kumpf W. (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag, Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE (1989), Bundesgesetzblatt 607. Verordnung: Festlegung von gefährlichen Abfällen.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE (1989), Durchführungserlaß zum Altlastensanierungsgesetz.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE (1991), Bundesgesetzblatt 49. Verordnung: Festsetzung gefährlicher Abfälle.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE (1991), Bundesgesetzblatt 65. Verordnung: Abfallnachweisverordnung.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, JUGEND UND FAMILIE (1991), Bundesgesetzblatt 259. Verordnung: Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ANGELEGENHEITEN (1992, noch nicht veröffentlicht): Standardisierte Leistungsbeschreibung für den Hochbau (LB-H), Änderungsdienst, Leistungsgruppe (LG) 02. Abbrucharbeiten.

CALMANO W. (1989): Schwermetalle in kontaminierten Feststoffen; Verlag TÜV, Köln,Rheinland.

CHEMIKALIENGESETZ, Bundesgesetzblatt 326 (1987)

DEUTSCHES INSTITUT FÜR GÜTESICHERUNG UND KENNZEICHNUNG (1991): Güte- und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung zur Wiederverwendung von kontaminierten Böden und Bauteilen.In RAL-RG 501/2, Recycling Baustoffe, S.3-7.

DIESEL E.-W., LÜHR H.-P. (1982): Wassergefährdende Stoffe; Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe, Kennzahl 20 000, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

DRUG B., THOMASITZ I. (1990): Abfallrecht, Verlag Österreichische Staatsdruckerei.

ENGELMANN H.(1993): Säubern ölhaltiger Untergründe. Baumarkt 2/93

KLOKE, EIKMANN (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad)-Stoffe in Böden. VDLUFA-Sonderdruck Heft 1/1991.

KÖTTER L., NIKLAUSS M., TOENNES A.(1989): Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten, Kommunalverband Ruhrgebiet, Essen.

LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG, INSTITUT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT (1989): Entwurf einer "Vorläufigen Verwaltungsvorschrift zur Verwertung von aufbereitetem Bauschutt- und Straßenaufbruchmaterial."

MÜLLER P., KUGLER H., SCHUBERT D. (1992): Rückbau kontaminierter Gebäude am Beispiel einer ehemaligen Galvanik, Entsorgungspraxis 5, S.270-275.

ÖNORM S 2072 (1990): Eluatklassen (Gefährdungspotential) von Abfällen.

ÖNORM S 2100 (1990): Abfallkatalog

ENTWURF DER ÖNORM S 2101 (1992): Katalog gefährlicher Abfälle

RICHTLINIE (1990): Richtlinie für die Ablagerung von Abfällen. Bundesmin. für Land- und Forstwirtschaft und für Umwelt, Jugend und Familie, 1990.

TMR (1992): Altlast Gaswerksstandort wurde saniert, Baustoffrecycling und Deponietechnik 6, S.17-18.

ANHANG

Adressen, bei denen einschlägige Richtlinien für die Verwertung von Baurestmassen bezogen werden können:

"Güte und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung von kontaminierten Böden und Bauteilen"
Herausgeber: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung
Bornheimer Str. 180
D-5300 BONN
Zu beziehen durch: Beuth-Verlag GmbH, Postfach, 1000 Berlin 30.

Richtlinie für Recycling-Baustoffe
Österreichischer Baustoff-Recyclingverband
Karlsgasse 5
A-1040 WIEN

TU Wien

Inst. für Wassergüte und Abfallwirtschaft
o.Prof.Dr. Paul H. Brunner - A-1040 Wien



Abt. Abfallwirtschaft
Karlplatz 13/226.4

Wien, Sept. 1994

Tel.: + 43 1 58 801 3196
Fax: + 43 1 504 22 34

BAURESTMASSEN

Vermeidung, Verwertung, Behandlung

Schlüsselnummer: 91206

Baustellenabfälle

Projektleitung:

o.Univ.Prof.Dr. P. Lechner

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. T. Lahner

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Inhaltsverzeichnis

1. HERKUNFT	4
2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	1
3. ZUSAMMENSETZUNG	2
3.1 Sortieranalysen	2
3.2 Chemische Analyse - Gesamtgehalte	4
4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ	5
4.1 Dichte von Baustellenabfällen	5
4.2 Heizwert von Baustellenabfällen	6
4.3 Auslaugung - Eluate	7
4.4 Deponieverhalten	9
4.5 Kritische Inhaltsstoffe	10
4.5.1 Halogenkohlenwasserstoffe in Dämmstoffen	11
4.5.2 PCB in Baumaterialien	14
4.5.3 Faserstoffe (Asbest-, Glas-, Mineralfaserprodukte)	15
5. ABFALLMASSEN	16
5.1 Masse für den Bundesabfallwirtschaftsplan	16
5.2 Objektsbezogene Abfallmassen	17
6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN	17
6.1 Österreich	17
6.2 Deutschland	18
6.3 Schweiz	18
7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG	18
7.1 Sortieranlagen	18
7.2 Stand der Vermeidung und Verwertung in Österreich	22
8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN	23
8.1 Vermeidung	23
8.2 Verwertung und Behandlung	24
8.3 Ablagerung	25

9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES	26
9.1 Legistische Maßnahmen.....	26
9.1.1 Vollzug bestehender Regelungen	26
9.1.2 Anwendungseinschränkungen, Kennzeichnungspflicht, Rücknahmepflicht.....	26
9.1.3 Anlagenstandards.....	27
9.1.4 Deklarationspflicht.....	27
9.1.5 Zumutbarkeit	27
9.2 Organisatorische Maßnahmen.....	27
9.2.1 Abfallwirtschaftliche Konzepte.....	27
9.2.2 Stoff- und Güterbilanzen.....	27
9.2.3 Langfristige Dokumentation.....	28
9.2.4 Vorbildwirkung der Gebietskörperschaften	28
9.3 Forschungs- und Entwicklungsbedarf.....	28
9.3.1 Datenlage verbessern	28
9.3.2 Zentrale Dokumentationen.....	28
9.3.3 Umweltverträglichkeitsuntersuchungen	29
9.4 Gesellschaftspolitische Maßnahmen	29
10. LITERATUR	30

Studien zur Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Baurestmassen Schlüssel-Nr. 91206 "Baustellenabfälle"

1. HERKUNFT

Baustellenabfälle fallen bei Bautätigkeiten in allen Bereichen des Bauwesens an.

Im Sinne dieser Studie sind Bautätigkeiten Neubau, Umbau, Ausbau, Rückbau, Sanierung, Abbau und Abbruch von Bauwerken aufzufassen. Es sind dies Tätigkeiten der Bauindustrie, des Bauhaupt-, Bauneben- und Bauhilfsgewerbes, der Bauinstallation und Bautätigkeiten im Wirkungsbereich von Bund, Ländern und Gemeinden, sowie private Bautätigkeiten.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Systematisch werden diese Abfälle nicht den Abfällen mineralischen Ursprungs zugerechnet, sondern werden in der Untergruppe 912 "hausmüllähnliche Gewerbeabfälle" der ÖNORM S 2100 mit der Schlüsselnummer 91206 subsummiert.

Die TA Siedlungsabfall (1993) definiert als Baustellenabfälle "...nichtmineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen Fremdanteilen".

Das augenscheinliche Kriterium für die Abgrenzung der Baustellenabfälle von anderen Baurestmassen, beispielsweise Bauschutt, ist die Vermischung unterschiedlichster, organischer wie auch anorganischer Materialien. Vermischtes Muldengut wird demnach den Baustellenabfällen zugeordnet. In der österreichischen Baupraxis sind für Baustellenabfälle noch andere Begriffe eingeführt, wie beispielsweise "Baustellenmischabfälle" (Gretzmacher, 1993), "Gemischter, sperriger Baustellenabfall mit Bauschutt unsortiert" (ARGE BMV Bauschuttwiederverwertung Villach, 1994), "Gemischte Bauabfälle" (Müllanlage Liezen, 1994).

Bis zum Inkrafttreten der Trenn-Verordnung (Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien, BGBl 269/1991) wurden als Baustellenabfälle feste, bedingt hausmüllähnliche Abfälle mit bauwerksspezifischen, vor allem mineralischen Beimengungen bezeichnet. Baustellenabfälle sind in der Regel ein Gemisch aus unterschiedlichsten Materialien, die nicht nach Stoffgruppen getrennt erfasst und entsorgt wurden. Sie werden in eigens dafür bereitgestellten Behältern oder auf dafür bestimmten Flächen auf der Baustelle gesammelt.

Seit dem Inkrafttreten der Trenn-Verordnung mit 1.1.1993 müssen verwertbare Anteile in den Baurestmassen getrennt gesammelt oder in entsprechenden Anlagen sortiert, behandelt und einer Verwertung zugeführt werden. Lediglich beim Unterschreiten in der Verordnung vorgegebener Mengenschwellen darf diese Vorgangsweise unterbleiben. Langfristig sind daher als Baustellenabfälle jene Baurestmassen, vorwiegend nichtmineralischer Natur zu erwarten, die nicht (stofflich) verwertet werden können. In den Baustellenabfällen ist eine Anreicherung von Materialien mit hohen Gehalten an organischem Kohlenstoff zu erwarten, die i.a. thermisch verwertbar sind.

3. ZUSAMMENSETZUNG

Dem "Bauwesen" als Wirtschaftsbereich werden verschiedene Berufsgruppen zugerechnet (vergleiche dazu u.a. die Bundesinnungen und Fachverbände der Sektion Gewerbe):

- ♦ Baugewerbe: Baumeister, Maurermeister, Bauunternehmer, Demolierungsunternehmer, Deichgräber, Straßenbauer
- ♦ Steinmetzmeister
- ♦ Dachdecker und Pflasterer
- ♦ Hafner, Platten- und Fliesenleger und Keramiker
- ♦ Glaser
- ♦ Maler, Anstreicher und Lackierer
- ♦ Bauhilfsgewerbe: Brunnenmeister, Tiefbohrunternehmen, Wärme-, Kälte-, Schall- und Branddämmung, Asphaltierer, Abdichter, Schwarzdecker, etc.
- ♦ Zimmerer
- ♦ Tischler
- ♦ Spengler
- ♦ Sanitär- und Heizungsinstallateure
- ♦ Elektroinstallateure
- ♦ Tapezierer

In allen diesen Gruppen werden unterschiedlichste Baumaterialien sowie direkt oder indirekt Bauchemikalien verarbeitet (siehe dazu auch Pospischil, 1993). Darüber hinaus sind unterschiedliche Materialanwendungen in den Sparten des Bauwesens (Wohnbau, Industriebau, Leitungsbau, Straßenbau, Erdbau etc.) gegeben. Dementsprechend unterschiedlich kann die stoffliche Zusammensetzung von Baustellenabfällen sein (siehe dazu auch Lahner und Lechner, 1993).

Typische Bestandteile in den Baustellenabfällen sind beispielsweise:

- ♦ Baustoffverpackungen
- ♦ Bau- und Abbruchholz
- ♦ diverse Materialverschnitte
- ♦ hausmüllartige Bestandteile, wie Speisereste aus Kantinen, Getränkedosens, Baum- und Strauchschnitt, Putzklappen, Kehrriht
- ♦ Kunststoffe als Folien oder Formteile, Klebebänder
- ♦ Leergebinde
- ♦ Metalle wie Draht, Bleche, Rohre, Bewehrungsstahl
- ♦ mineralisches Material wie Sand, Kies, Steine, Bauschutt, Mörtelreste
- ♦ Papier und Pappe, bituminöse Pappen
- ♦ Sperrmüll
- ♦ Werkzeug- und Maschinenteile

3.1 Sortieranalysen

Sortieranalysen wurden bisher an Gemischen aus Baustellenabfällen und mineralischen Baurestmassen durchgeführt. Diese zeigen beträchtliche Anteile mineralischen Materials in den Baustellenabfällen. Setzt man eine weitgehende Trennung dieser mineralischen Fraktionen bereits an der Baustelle voraus, so ergeben sich veränderte Zusammensetzungen.

Die Anteile einzelner Fraktionen an Baustellenabfällen werden i.a. nicht händisch getrennt, sondern in dafür entsprechenden Sortieranlagen. Aus den Mengen der Produkte dieser Sortieranlagen wird dann die Zusammensetzung der Baustellenabfälle rückgerechnet. Im Folgenden (Tabelle 3-1) wird eine erste Abschätzung der durch die Trenn-Verordnung geänderten Zusammensetzung vorgenommen. Dafür werden die nicht mineralischen Anteile sowie der Feinanteil (ebenfalls erhöhte Gehalte organischen Kohlenstoffes möglich) von vermischten Muldeninhalten als "Baustellenabfälle" neu zusammengefaßt und dafür die mengenmäßigen Anteile verschiedener Sortierfraktionen berechnet. Die so ermittelten Stoffgruppenanteile werden als "Gewichts-% neu" bzw. "Volumen-% neu" in der Tabelle 3-1 ausgewiesen. Als Grundlage für diese Berechnung wurde die Untersuchung von Wilbertz (1985) herangezogen. Diese Abschätzung zeigt, daß mehr als die Hälfte des Volumens von brennbaren Abfällen bestimmt wird. Bei den Ergebnissen ist weiters zu berücksichtigen, daß der rund 50 %-ige Massenanteil des "Sandes", mit Durchmessern < 60 mm, sehr hoch angesetzt ist. Wie aus Tabelle 7-1 ersichtlich ist, wird dieser Feinanteil wesentlich durch den gewählten Durchmesser für die Trennung bestimmt.

Der Vergleich mit den Angaben von Gretzmacher (1993) bestätigt die Ergebnisse der Tabelle 3-1. Er gibt für das Ausgangsmaterial "Muldeninhalte" (= Bauschutt + Baustellenmischabfälle + Sperrgut) einen Volumenanteil von > 50 Vol.-% für brennbare Fraktionen an, sowie zusätzlich 23 Vol.-% für Restmüll.

Tabelle 3-1:

Muldeninhalte - Aufteilung der aussortierten Stoffe in Gewicht und Volumen
(Wilbertz, 1985)

Material	Masse t	Masse Gew. %	Volumen m ³	Volumen Vol. %	Gew.-% mit Trenn-VO	Vol.-% mit Trenn-VO
Holz	32,5	5,35	340,0	19,86	7,6	23,2
Glas	1,8	0,3	4,5	0,26	0,4	0,3
NE-Metall	1,14	0,19	10,0*	0,58	0,3	0,7
Fe-Misch	10,52	1,73	50,0*	2,92	2,5	3,4
Fe-Blech	11,52	1,89	110,0*	6,43	2,7	7,5
Kunststoff, fest	0,97	0,16	5,0*	0,29	0,2	0,3
Kunststoff-Folie	0,97	0,16	10,0	0,58	0,2	0,7
Kabel	0,59	0,1	3,0*	0,18	0,1	0,2
Papier, Pappe	5,0	0,82	60,0	3,51	1,2	4,1
Reifen	0,34	0,05	3,5*	0,2	0,1	0,2
Brennbares	150,0	24,7	665,0	38,84	35,0	45,5
Summe	215,35	35,45	1.261,0	73,65	-----	-----
< 60 mm (Sand)	213,0	35,07	203,0	11,86	49,7	13,9
> 60 < 150 mm	68,0	11,2	113,0	6,6	100,0	100,0
> 150 mm (Steine)	111,0	18,28	135,0	7,89		
Gesamt	607,35	100,0	1.712,0	100,0		

*geschätztes Volumen

Inwieweit der Anteil von Feinfraktionen (z.B. Durchmesser < 20 mm) dem mineralischen Bauschutt zugeordnet werden kann, ist abzuklären. Die Qualität dieses Materials wird wesentlich durch eine baustellenseitige Sortierung mitbestimmt.

Für den Anteil der Gefährlichen Abfälle in den Baustellenabfällen gibt nur Schinol (1991) einen Wert von 1 Gew.-% "Sonderabfall" an.

Der Kunststoffanteil in den Baustellenabfällen ist mit ca. 2 Gew.-% zu veranschlagen (GUA, 1992).

3.2 Chemische Analyse - Gesamtgehalte

Direkte Bestimmungen der Gesamtgehalte einzelner Stoffe in Baustellenabfällen liegen derzeit nicht vor. Diese Abfälle stellen ein sehr heterogenes Gemisch dar, eine Beprobung, die statistisch abgesicherte Ergebnisse liefern soll, müßte daher sehr umfangreich ausfallen. Üblich ist es, einzelne, stofflich einheitlicher zusammengesetzte Sortierfraktionen zu untersuchen und daraus auf die Gesamtmenge zu schließen. Bei den Projekten BASORAG (Amt f. Umweltschutz u. Energie Kanton Basel-Land, 1991) und SORTAG (EAWAG, 1989) wurde diese Vorgangsweise gewählt. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

Das Aufgabematerial, Muldeninhalte, kann als "Baustellenabfälle" im Sinne der vorliegenden Studie bezeichnet werden. Für das Eingangsmaterial wurden die Konzentrationen der Tabelle 3-2 berechnet. Die Werte unterscheiden sich vor allem im wesentlich höheren Gehalt an Kunststoffen in den BASORAG-Proben; demgegenüber ist die Kalzium- und die C_{anorg} -Konzentration im SORTAG-Material erheblich höher (ca. 50%).

Der Vergleich der SORTAG- und BASORAG-Ergebnisse mit Grenzwerten des Deponieverordnungsentwurfes (3.1.1994) zeigt, daß unbehandelte Baustellenabfälle hinsichtlich ihrer Gesamtgehalte keinesfalls den mineralischen Baurestmassen entsprechen, die auf einer Baurestmassen-Deponie abgelagert werden dürfen. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff der untersuchten Baustellenabfälle von > 6,3 Masse-% liegt deutlich über dem Grenzwert für die Zuordnung zur Baurestmassen-Deponie mit 3 Masse-% und überschreitet auch den Grenzwert von 5 Masse-% für die Massenabfalldeponie. Im Vergleich mit Hausmüll zeigt sich vor allem ein höherer Gehalt an Metallen in den Baustellenabfällen. Diese Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit einer Behandlung/Konditionierung vor einer eventuellen Ablagerung auf.

Tabelle 3-2

Errechnete Zusammensetzung von Muldeninhalten (= Baustellenabfällen)
BASORAG (1991), SORTAG (EAWAG, 1989)

Analysen- parameter (mg/kg TS)	BASORAG 1991	SORTAG 1989	Hausmüll# BRD 79/80	Entwurf zur Deponieverordnung Jänner 1993		
				Inertstoff- Deponie I	Baurest- massen- Deponie II	Massenab- fall-Deponie Deponie IV
Ges. Kohlen- wasserstoffe	432	k.A.	k.A.	PAK 0,5	20	20.000
EOX	1,9	k.A.	k.A.			

Nichtmetalle

Kohlenstoff C _{tot}	202.000	97.400	247.000	k.A.	k.A.	k.A.
C _{anorg}	21.900	34.500		k.A.	k.A.	k.A.
C _{org}	180.000	62.900		20.000	30.000	50.000
Bor	47	40	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Phosphor	31	431	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Schwefel	8.530	6.060	725	k.A.	k.A.	k.A.
Chlor	9.670	882	3.475	k.A.	k.A.	k.A.
Brom	123	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Metalle

Aluminium	20.500	9.900	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Barium	419	424	k.A.	i.E.f.	k.A.	10.000
Blei	706	657	400	150 (500)	500	3.000
Cadmium	11,9	1,1	3,5	2	10	30
Calcium	93.100	154.000	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Chrom	248	161	k.A.	300 (500)	500	5.000
Eisen	45.800	42.100	12	k.A.	k.A.	k.A.
Kupfer	1.390	705	225	100 (500)	500	5.000
Nickel	104	69	k.A.	100 (200)	500	2.000
Quecksilber	0,54	0,21	0,64	1	3	20
Zink	809	831	525	500(1000)	1500	5.000

k.A. keine Angabe

i.E.f. im Einzelfall festlegen

(x) bei den angeführten Grenzwerten ist die Überschreitung maximal eines Parameters bis zum in Klammer gestellten Wert zulässig

gemittelte Werte aus Winter und Sommer

4. EIGENSCHAFTEN UND UMWELTRELEVANZ**4.1 Dichte von Baustellenabfällen**

Die seit Jänner 1993 in Kraft getretene Trenn-Verordnung bewirkte nach Aussagen von Anlagenbetreibern eine deutliche Verringerung der Dichte der angelieferten Muldeninhalte. Mineralische Materialien werden im Zuge größerer Bauvorhaben von Baustellenabfällen getrennt gesammelt. Die Dichte der angelieferten Muldeninhalte wird auch von den Anlagenbetreibern als Kriterium für die Verrechnung herangezogen.

Für die Dichten sind, in Abhängigkeit des mineralischen Anteiles der Baustellenabfälle Werte von $\geq 150 \text{ kg/m}^3$ zu erwarten. Für Bauschutt gibt die ÖNorm B 4011/1 Teil eine Schüttdichte 1.400 kg/m^3 an, für Hausmüll 400 kg/m^3 . Für Altholz und Brennbares aus einem Rückbauvorhaben in der Schweiz können 250 kg/m^3 rückgerechnet werden (Bundesamt für Konjunkturfragen, 1991). Wilbertz (1985) gibt für vermischte Muldeninhalte (Baustellenabfälle und Bauschutt) eine Dichte von 355 kg/m^3 an, für die darin enthaltenen nichtmineralischen Fraktionen errechnen sich ca. 170 kg/m^3 . Gretzmacher (1993) gibt Werte von 160 kg/m^3 für Bausperrgut bis 640 kg/m^3 für "Baustellenmischabfälle" an.

Für einzelne Fraktionen in den Baustellenabfällen kann auf Daten aus Sortieranlagen zurückgegriffen werden (siehe dazu beispielsweise Governmental Advisory Associates, 1993).

4.2 Heizwert von Baustellenabfällen

Der Anteil an organischem Kohlenstoff in den Baustellenabfällen, vor allem in den Leichtfraktionen spricht für eine thermische Nutzung dieser Fraktionen, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Für Leichtfraktionen aus Hausmüll von Windsichtern verschiedener, amerikanischer Sortieranlagen werden von Diaz et al (zit. 1993) und Savage et al. (zit. 1993) unter anderem die Stoffgehalte der Tabelle 4-1 angegeben. Den Hauptanteil dieser Fraktion machten Papier und Kunststoffe aus, der Heizwert des Materials spricht für eine thermische Verwertung, beispielsweise in einer Müllverbrennungsanlage. Als Vergleich sei der Heizwert von unsortiertem Hausmüll angegeben, er liegt im Bereich von $7.000 - 10.000 \text{ kJ/kg}$ Hausmüll (Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 1992).

Bei der Brenn- und Heizwertbestimmung von Fraktionen einer schweizerischen Sortieranlage für Baurestmassen wurden die folgenden Brenn- bzw. Heizwerte der Tabelle 4-2 ermittelt (EAWAG, 1989). Das Ausgangsmaterial waren gemischte Muldeninhalte (Baustellenabfälle und Bauschutt). Der Unterschied der Heizwerte in der Leichtfraktion zu Windsichtermaterial nach Diaz und Savage in der obigen Studie ist auffällig. Einerseits wirkt sich hier sicherlich das unterschiedliche Ausgangsmaterial aus (Hausmüll - Baurestmassen), andererseits wurde bei der Schweizer Anlage "Sperriges Material" bereits vor dem Windsichter händisch aussortiert.

Die in den Tabellen 4-1 und 4-2 ausgewiesenen Gehalte an Chloriden bzw. Schwefel zeigen die Notwendigkeit einer Rauchgasreinigung bei der thermischen Nutzung dieser Sortierfraktionen auf.

Tabelle 4-1

Eigenschaften von hausmüllbütigen Leichtfraktionen
(DIAZ et al., zit. 1993 (a). SAVAGE et al., zit. 1993 (b))

Komponente	Einheit	Richmond, California (a), (b), 1)	Baltimore (b), 2)	Tacoma (b), 3)	Akron (b), 4)
Feuchtigkeit	% FS	15,3 - 20,8	27,6 - 32,7	25,1 - 30,7	15,6 - 18,7
Eisen	% LTS	0 - 3	0 - 0,2	1 - 3,3	0,6 - 1,0
Nicht-Fe Metalle	% LTS	0,2 - 1,2	0 - 0,3	1,1 - 1,5	0,5 - 0,6
Papier & Kunststoffe	% LTS	60 - 76	56 - 70	59 - 67	51,4 - 59,7
Heizwert	kJ/kgTS	12.422 - 13.434	10.440 - 12.791	14.608 - 16.308	13.430 - 15.913
Chloride	% TS	0,9	k.A.	k.A.	k.A.
Kohlenstoff	% TS	40	k.A.	k.A.	k.A.
Schüttdichte	kg/m ³	96	k.A.	k.A.	k.A.

1) und 2): Vertikaler Windsichter 3): Horizontaler Windsichter 4): geneigt, vibrierend
LTS....Luftgetrocknete Substanz FS....Feuchtsubstanz TS....Trockensubstanz
k.A....keine Angabe

Tabelle 4-2

Brenn- und Heizwerte von Baurestmassen
(EAWAG, 1989)

Fraktion	Brennwert +) kJ/kg	Heizwert +)*) kJ/kg	Schwefel +) %	Kohlenstoff +) %	Wasserstoff +) %
Teppiche	18.930	17.770	0,85	44,97	5,32
Bodenbeläge	18.560	17.410	1,20	43,79	5,26
Plastik	41.290	38.240	0,56	81,76	13,99
Leichtfraktion aus Windsichter	7.620	6.470	0,40	20,81	2,58

+) alle Werte cirka-Angaben

Berechnung: Heizwert = Durchschnitt Brennwert - (Durchschnitt Wasserstoff x 218,3)

4.3 Auslaugung - Eluate

Die ÖNORM S 2100 ordnet den Baustellenabfällen die Eluatklasse III b zu, ermittelt nach ÖNORM S 2072.

Auslaugversuche wurden bisher an einzelnen Sortierfraktionen von Aufbereitungsanlagen für Baustellenabfälle durchgeführt (EAWAG, 1989; Tobler et al., 1993; Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, 1991; BASORAG, 1991). Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, daß i.a. die Grobfraktionen von Aufbereitungsanlagen die Anforderungen an Inertstoff-Deponien erfüllen. Multikomponentenmaterialien (BASORAG, 1991) bzw. Holzanteile (Tobler et al. 1993) weisen die am stärksten belasteten Eluate auf.

Tabelle 4-3

Auslauguntersuchungen an Sortierfraktionen von Aufbereitungsanlagen für Baurestmassen

Material	Blei mg/l	Cadmium mg/l	Cr-gea. mg/l	Zink mg/l	NH ₄ -N mg/l	TOC mg/l	AOX mg/l	TS mg/l	ph-Wert -	elektr. Leitf. µS/cm
TOBLER et al., 1993, a)										
FF 0 - 15	0,043	0,0019	0,164	< 0,01	3,6	36	0,078	2890	11,4	3760
MF 15 - 40	0,042	0,0021	0,103	< 0,01	1,1	50	0,49	2300	11,3	3210
GF 40 - 300	0,017	0,0013	0,021	k.A.	2	13	< 0,01	2490	10,48	3270
MF, nur Holz	0,03	k.A.	0,017	k.A.	34	194	< 0,01	2730	6,9	3630
MF, nur Min.	< 0,005	k.A.	0,018	k.A.	0,35	8,7	< 0,01	1860	9,65	2880
Restmüll	0,021	0,0022	0,01	0,49	k.A.	k.A.	0,16	k.A.	7,7	2160
WASSERGÜTE, 1991 b)										
FF 0 - 10 mm	< 0,1	< 0,01	0,02	< 0,005	k.A.	k.A.	k.A.	1980	12,1	2700
BASORAG, 1991 c)										
Anorg. - 30	0,005	0,002	0,005	3,8	0,15	k.A.	k.A.	k.A.	7,2	2600
Anorg. 30 - 80	< 0,01	< 0,0001	0,008	0,5	0,18	k.A.	k.A.	k.A.	6,7	2700
Anorg. 80 - 320	< 0,001	< 0,0001	0,02	0,16	2,7	k.A.	k.A.	k.A.	6,8	2750
Multikomp.	0,09	0,018	0,063	14,6	1,0	k.A.	k.A.	k.A.	7,4	2700
Holz	0,03	0,002	0,07	1,1	4,1	k.A.	k.A.	k.A.	6,9	1260
DEPONIEVERORDNUNG, Entwurf vom 27.8.1992 d)										
Obertäglich	k.A.	k.A.		k.A.	1000	i.E.f.	3	20.000	6 bis 13	
Reststoff	1	0,1	2	10	10	50	i.E.f.	3000	6 bis 12	3000
Baurestm.	0,2	0,05	0,2	2	4	25	0,3	2500	6 bis 13	3000
Inertstoff	0,1	0,005	0,1	1	0,8	15	0,03	800	6,5 bis 11	1500

a) Maximalwerte angeführt, Eluate nach adaptierter DEV S4 Methode, mit H₂Ob) Eluate nach DEV S4 Methode, mit H₂Oc) Maximalwerte abgeführt, Eluate nach TVA Entwurf 8.88 (Schweiz), CO₂ Zufuhrd) Eluate nach DEV S4 Methode, mit H₂O

FF.....Feinfraktion, Ø 0 - 15 mm MF.....Mittelfraktion, Ø 15 - 40 mm GF.....Grobfraktion, Ø 40 - 300 mm

AOX.....adsorbierbare organische Halogenverbindungen DOC.....gelöster organischer Kohlenstoff

TOC.....gesamter organischer Kohlenstoff TS.....Trockensubstanz

k.A.....keine Angabe i.E.f.....im Einzelfall festzulegen

Tobler et al. (1993) wendeten ein adaptiertes Auslaugverfahren auf die Sortierfraktionen an. Bei einem pH-Wert von anfangs ca. 5 und einem "Wasser":Feststoff-Verhältnis von 10:1 wurden die unzerkleinerten Proben 24 Stunden lang ausgelaugt. Die in der Tabelle angegebenen Meßdaten sind die MAXIMAL-Werte aus sämtlichen Untersuchungen, gehören also nicht zu einer einzigen Fraktion (BASORAG und Tobler et al.).

Bei der Auslaugung mit H₂O ist bei den mineralischen Sortierprodukten eine deutliche Abnahme des wasserlöslichen Anteils von den feinkörnigen zu den grobkörnigen Fraktionen erkennbar (BASORAG, 1991). Tobler et al (1993) kommen zu ähnlichen Resultaten. Aus den mineralischen klein- bis mittelkörnigen Fraktionen wird i.a. Sulfat ausgewaschen (Gipsanteile), während bei den Grobfraktionen (> 320 mm) eher Hydroxide im Eluat dominieren. In Tabelle 4-3 sind die dominierenden Ionen im wasserlöslichen Anteil für die Sortierfraktionen angegeben.

Tabelle 4-4
Häufigste Ionen im wasserlöslichen Anteil von Sortierfraktionen
(BASORAG, 1991)

Sortierfraktion	dominierende Ionen	Gehalt im wasserlöslichen Anteil
0 - 30 mm a)	Sulfat	53
30 - 80 mm a)	Sulfat	52
80 - 320 mm a)	Sulfat	51
> 320 mm a)	Hydroxide	26
	Sulfat	14
Multikomponenten	Sulfat	56
	DOC	13
Holz	DOC	59

a) Korndurchmesser

DOC.....gelöster organischer Kohlenstoff

Einen beträchtlichen Anteil am DOC dürfte durch Holzanteile in den Baurestmassen verursacht werden (Tobler et al., 1993). Lösliche Holzbestandteile werden in Kombination mit frischen Beton- oder Mörtelanteilen verstärkt mobilisiert; im Einzelfall sind damit Werte über 1000 mg/l für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) möglich (Inst. für Wassergüte, 1991).

4.4 Deponieverhalten

Für unsortierte Baustellenabfälle ist aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung ein bedingt hausmüllähnliches Deponieverhalten zu erwarten. Das bedeutet, daß infolge des Gehaltes an abbaubarem, organischem Kohlenstoff mit biochemischen Abbauprozessen zu rechnen sein wird. Unterschiede dürften sich vor allem infolge der "produktionsspezifischen" Anteile in den Baustellenabfällen ergeben. Die Auslauguntersuchungen zeigen deutlich, daß Baustellenabfälle nicht für eine Ablagerung auf Inertstoff- und Baurestmassendeponien geeignet sind. Eine gemeinsame Ablagerung mit unbehandeltem Hausmüll ist prinzipiell bis zum Ende der im Deponie-Verordnungsentwurf vorgesehenen Übergangsphase von 10 Jahren möglich.

Die möglichen chemischen Vorgänge im Deponiekörper im Falle der Ablagerung von Baustellenabfällen lassen sich im wesentlichen den folgenden Reaktionstypen zuordnen:

- biochemische Vorgänge
- Reaktionen unedler Metalle
- andere anorganisch-chemische Reaktionen

Zu biochemischen Vorgängen kann es kommen, weil die in den Baustellenabfällen enthaltenen biogenen, organischen Stoffe (z.B. Holz, Papier und Pappe, pflanzliche Faserdämmstoffe, Kork usw.) - auch wenn es sich dabei nur um einige wenige Masse-% abbaubaren, organischen Kohlenstoffes handelt - zu einer merklichen Stoffwechseltätigkeit führen. Die Intensität der Abbauvorgänge läßt sich derzeit nicht abschätzen, auch ist nicht bekannt, ob die Reduktion von Sulfaten (abgelagerter Gips) die Methanbildung konkurrieren

wird und welche der genannten Reaktionen überwiegen wird. Eine Deponiegasproduktion bei der direkten Ablagerung infolge der organischen Anteile in den Baustellenabfällen ist jedenfalls zu erwarten. Aussagen über den zeitlichen Verlauf dieser Gasproduktion sind jedoch nicht möglich. Mit dem Vorkommen flüchtiger Stoffe, wie chlorierten Kohlenwasserstoffen, im Deponiegas ist zu rechnen (siehe dazu Poller, 1990; Obernosterer, 1994).

Reaktionen unedler Metalle sind vor allem im Hinblick auf Eisen, nichtlegierte Stähle, Aluminium und Aluminiumlegierungen, Blei Zink, Messing und Kupfer von Bedeutung, da diese in größeren Mengen im Bauwesen eingesetzt werden. Die einzelnen Reaktionen werden durch die Anwesenheit von geeigneten Katalysatoren und den pH-Wert beeinflusst. Zum Beispiel beschleunigen Chlorid- und Sulfationen die Korrosion von Eisen und Stahl, während Pb^{++} -Ionen in Gegenwart von Sulfat als schwerlösliche Verbindung, $PbSO_4$ ausgefällt werden. Infolge des Gipsanteils in den Baustellenabfällen ist die Anwesenheit von Sulfat in der Deponie anzunehmen.

Unter die dritte Gruppe der erwähnten Reaktionen fallen beispielsweise Karbonatisierung (Reaktionen zwischen Kohlensäure bzw. Kohlendioxid und Zementstein oder Mörtel) und Ettringitbildung (Reaktionen zwischen Sulfat und Zement oder Mörtel).

Betreffend das Deponieverhalten unterschiedlicher Baumaterialien sei auf die "Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt" (Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, 1991) hingewiesen. Bei der gemeinsamen Ablagerung verschiedenartiger Materialien sind synergistische Effekte nicht auszuschließen (z.B. H_2S im Deponiegas). Als Pfade für Emissionen kommen Luft und Wasser in Frage, da sowohl mit der Entstehung von Sickerwasser als auch von Deponiegas zu rechnen ist. Eine entsprechende Ausstattung der Deponien für Baustellenabfälle ist daher in Form von Basisdichtungs- und -entwässerungssystem sowie Gaserfassungssystem erforderlich.

4.5 Kritische Inhaltsstoffe

In die auf der Baustelle eingerichteten Sammelgefäße für Baustellenabfälle werden häufig gefährliche Abfälle bzw. Problemstoffe eingebracht. Daher sind Baustellenabfälle häufig mit gefährlichen Abfällen und Problemstoffen vermischt und kontaminiert. Es ist daher auf den Baustellen darauf zu achten, daß Gefährliche Abfälle/Problemstoffe getrennt erfaßt werden.

Als kritische Inhaltsstoffe sind in den Baustellenabfällen beispielsweise vorzufinden:

- Altbatterien
- Gebinde mit
 - Altölen
 - nicht ausgehärteten Dichtungsmassen
 - Holzschutzmitteln
 - Kleberresten
 - Lösungsmittelrückständen
 - nicht ausgehärteten Anstrichen, Farben und Lacken
 - Rückständen von Betonzusatzmitteln
 - Schäumen
- Leuchtstoffröhren u.ä. Produkte

Neben diesen nicht fachgerecht entsorgten gefährlichen Abfällen/Problemstoffen finden sich durch die vermehrte Anwendung diverser Kunststoffe und Chemikalien im Bauwesen auch zunehmend diese Baumaterialien in den Baustellenabfällen wieder. Pospischil (1993) gibt beispielsweise an, daß in Österreich ca. 250.000 t/a unterschiedlicher Kunststoffe für den Baubereich eingesetzt werden. Weiters betrug der österreichische Inlandsverbrauch an Anstrichmitteln im Jahr 1989 ca. 135.000 t, der Inlandsverbrauch an organischen Lösemitteln lag bei ca. 40.000 t. Diese Daten belegen, daß in den heute verwendeten Baumaterialien eine beträchtliche Menge an umweltgefährdenden Stoffen enthalten ist, die gegebenenfalls bei der Entsorgung zu berücksichtigen sind.

Die folgenden Beispiele sollen die Problematik verdeutlichen.

4.5.1 Halogenkohlenwasserstoffe in Dämmstoffen

Flüchtige, halogenhaltige Kohlenwasserstoffe (FCKW, LCKW und Halone) werden in der Industrie und im privaten Bereich verwendet. Halogenkohlenwasserstoffe werden vorwiegend als Kältemittel, als Treibgase zur Herstellung von Kunststoffschäumen und in Druckgaspackungen, als Feuerlöschmittel sowie als Reinigungsmittel (Entfettung) eingesetzt. Neben den in der Industrie erwünschten Eigenschaften wird einigen der Halogenkohlenwasserstoffen eine bedeutsame Rolle bei der Zerstörung der Ozonschichte sowie beim Treibhauseffekt zugeschrieben, unter anderem deswegen, weil einige der Stoffe sehr lange Lebensdauern (einige Jahre) in der Umwelt aufweisen.

Dem Bauwesen beziehungsweise den Baustellenabfällen kommt dabei eine besondere Rolle zu, da das Lager dieser Stoffe im Bauwesen, das heißt in den Bauwerken in Form von (PUR- und XPS-) Wärmedämmschäumen, das weitaus bedeutsamste ist (Obernosterer, 1994). Für den Vergleich der Lager wurde dabei, da es sich um unterschiedliche Stoffe handelt, als Kenngröße das Ozonzerstörungspotential (ODP) ausgewählt. Bei den Hartschäumen verbleibt ein Großteil der FCKW in den Schäumen und wird erst über langsame Diffusionsprozesse abgegeben.

Auffallend in der Abbildung 4-1 ist das eher geringe Lager im Bereich der Kühlgeräte, dessen Entsorgung durch die Verordnung über die Rücknahme von Kühlgeräten (BGBl. 408/1992) geregelt wird.

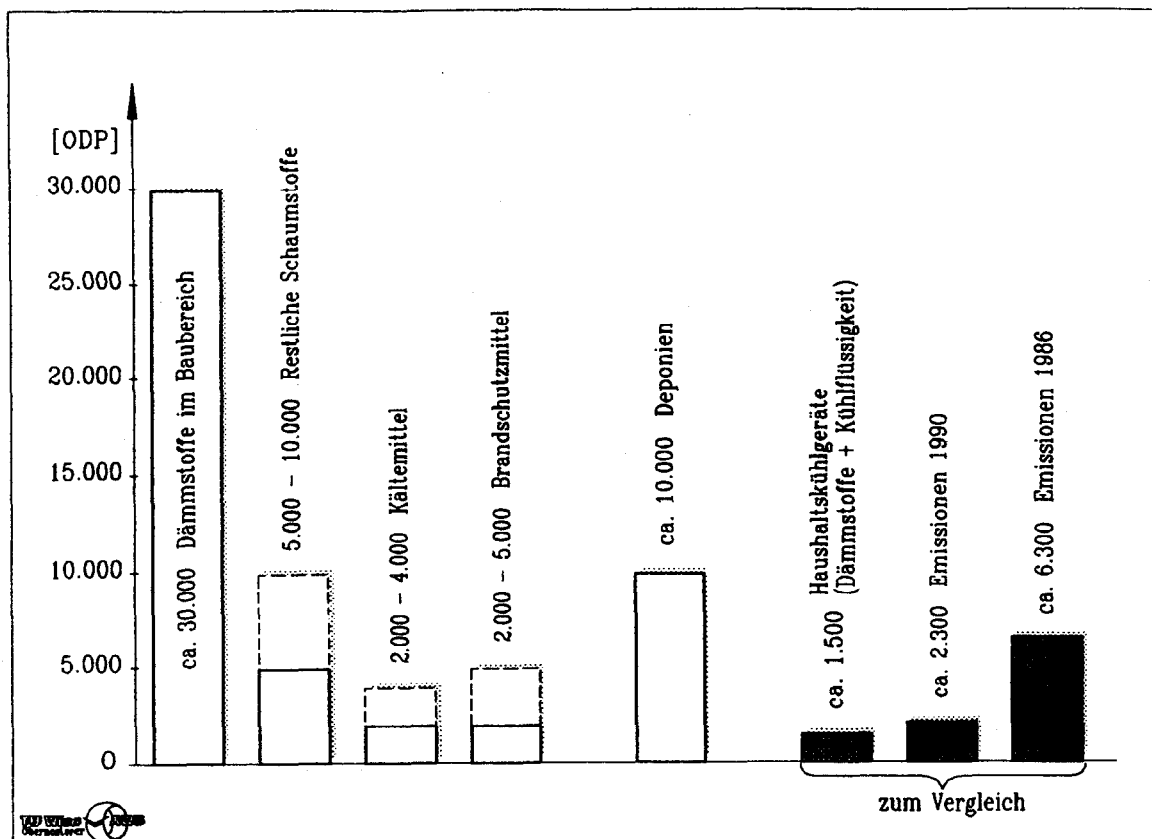


Abbildung 4-1

Ozonzerstörungspotential (ODP) verschiedener FCKW- und Halonlager in der Anthroposphäre Österreichs
(Obnosterer, 1994)

Bei einer massenbezogenen Betrachtungsweise ist die Menge der FCKW-haltigen Dämmstoffe (Schätzungen liegen bei rd. 60.000 t/a geschäumter Dämmstoffe, davon Anteile mit FCKW) gegenüber anderen Baumaterialien (30 - 40 Millionen t/a) zwar gering, eine umweltgerechte Behandlung, wie sie im Abfallwirtschaftsgesetz gefordert wird, ist dennoch sicherzustellen. Aufgrund der langen Erneuerungszyklen (einige Jahrzehnte) der in den Bauwerken inkorporierten Dämmstoffgruppen sind Behandlungsanlagen über lange Zeiträume vorzuhalten. Auch wenn eine Diffusion der flüchtigen, halogenhaltigen Kohlenwasserstoffe aus den Dämmstoffen während der Funktionsperiode angenommen werden muß, ist deren Ausmaß derzeit nicht bekannt. Obnosterer (1994) gibt eine Halbwertszeit innerhalb des Lagers (eingebaute Dämmstoffe) von 100 Jahren an. Unter der Annahme, daß diese Stoffe in der Dämmstoffproduktion nach dem Jahr 1998 nicht mehr eingesetzt werden ergibt sich in einer ersten Abschätzung der Emissionsverlauf der Abbildung 4-2.

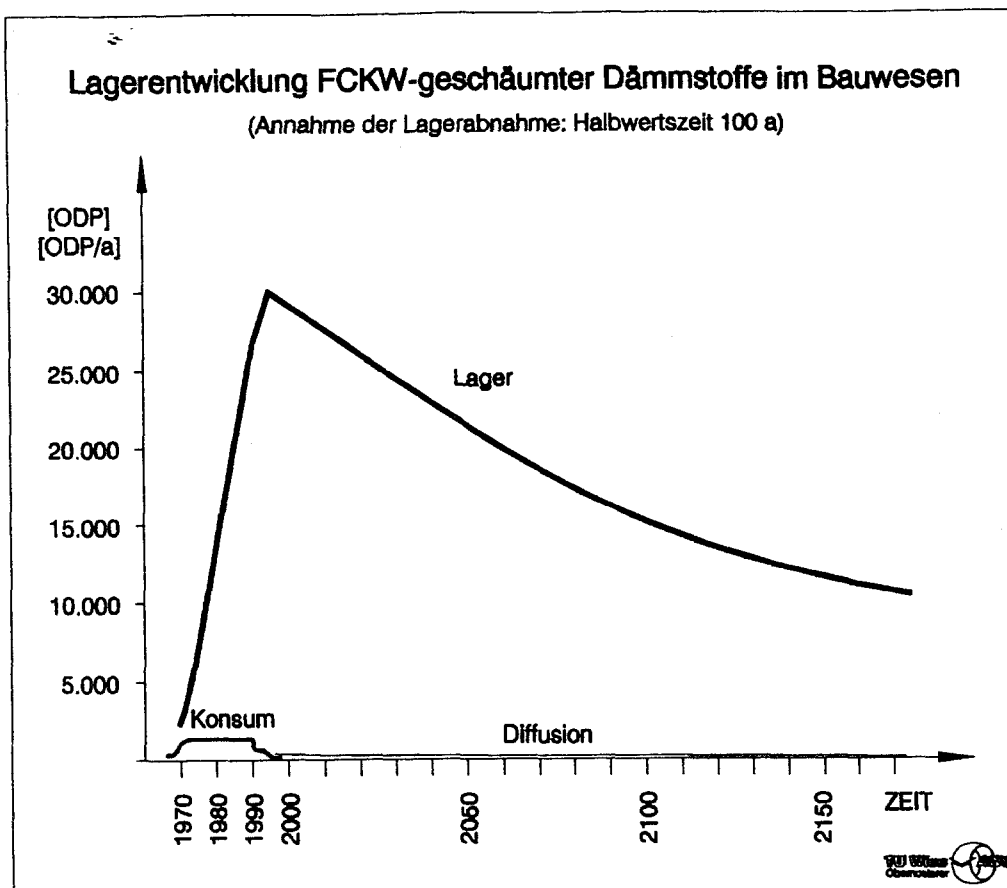


Abbildung 4-2

Lagerentwicklung FCKW-geschäumter Dämmstoffe im Bauwesen in Österreich
(Obnosterer, 1994)

Für die Entsorgung der FCKW enthaltenden Dämmstoffe im Bauwesen ergeben sich im Hinblick auf das Gefährdungspotential der Inhaltstoffe die folgenden Überlegungen:

- ♦ Beim Ausbau vor Ort sollte eine unnötige Zerkleinerung der Dämmstoffe unterbleiben, damit ein Entweichen der Stoffe nicht begünstigt wird.
- ♦ Eine Behandlung von Dämmstoffen mit flüchtigen, halogenhaltigen Kohlenwasserstoffen hat in dafür vorgesehenen Anlagen zu erfolgen. Zerkleinerungsaggregate müssen in gekapselter, emissionsüberwachter Bauweise errichtet werden. Nach dem Aufmahlen der Schaumstoffe ist beispielsweise eine thermische Nachbehandlung möglich. Schiemann und Schmidt (1994) berichten über verschiedene Behandlungsmethoden von PUR-Schäumen aus Kühlgeräten, diese Technologien können auch auf Dämmstoffe aus dem Bauwesen angewandt werden. Die Behandlungsanlagen können dabei sowohl mobil als auch ortsfest ausgeführt werden.
- ♦ Grundsätzliche Behandlungsmöglichkeiten für die gewonnenen FCKW und FCKW-haltigen Substanzen bestehen in deren Aufspaltung (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1992). Als Nebenprodukte entstehen dabei Salzsäure und Flußsäure.

- ♦ Amerikanische Forschungsergebnisse zeigen Möglichkeiten des bakteriellen Abbaus von FCKW auf.
- ♦ Die Verbrennung von PUR-Hartschäumen (diese Dämmstoffe werden u.a. im Bauwesen verwendet) in Müllverbrennungsanlagen ist nahezu vollständig möglich (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1992). In der BRD wurden Versuche in Hausmüllverbrennungsanlagen mit getrennt erfaßten Kühleisenschäumen erfolgreich durchgeführt. Eine weitergehende Rauchgasreinigung ist vorauszusetzen.
- ♦ Eine direkte Deponierung von Dämmstoffen mit leichtflüchtigen, halogenhaltigen Kohlenwasserstoffen ist nicht sinnvoll. Mit dem langfristigen Entweichen der Stoffe in die Umwelt ist zu rechnen. Bei der direkten Ablagerung von im Hausmüll enthaltenen LCKW- und FCKW-haltigen Materialien kam es einerseits zum Auftreten dieser Stoffe im Deponiegas, andererseits wurden Beeinträchtigungen der Methanbildung bei Lysimeterversuchen beobachtet (Poller, 1990). Seine Untersuchungen zeigten außerdem erhöhte Anteile dieser Stoffe im Deponiegas von Hausmülldeponien, auf denen auch Baustellenabfälle abgelagert wurden.

Die ÖNORM S 2100 ordnet Polyurethan-Schaum (Schlüssel-Nummer 57110) die Eluatklasse IIIb zu. Boisits stellt fest, daß in Ermangelung der Kenntnis "...in welchem Produkt möglicherweise halogenhaltige Additive verwendet werden, ...die Ablagerung von PUR-Abfällen auf Deponien vorsorglich vermieden werden.." müßte (Boisits, 1993). Er weist weiters darauf hin, daß halogenhaltige (nicht flüchtige) Flammschutzmittel bei Polystyrol Anwendung fanden und über deren Bodenwirkung keine genaueren Informationen vorliegen.

- ♦ Eine Zwischenlagerung in entsprechend ausgeführten Anlagen erscheint im Hinblick auf die bestehenden Behandlungskapazitäten erforderlich.

Die Substitution der FCKW für die Herstellung von Dämmstoffen wird international angestrebt. Das im Bauwesen vorhandene, langlebige Stofflager bedarf jedoch auch zukünftig entsprechender Entsorgungsstrategien.

4.5.2 PCB in Baumaterialien

PCB entsteht durch die Chlorierung von Biphenylen ($C_{12}H_{10}$), der Chlorgehalt kann zwischen 18% ($C_{12}H_9Cl$) und 75 % ($C_{12}Cl_{10}$) betragen. Entsprechend dieser chemischen Struktur handelt es sich dabei um dünn- oder dickflüssige Öle oder Wachse. Bei gleichem Chlorgehalt kann dabei die Anlagerung der Chloratome an verschiedenen Stellen des Biphenylmoleküles erfolgen, es werden damit zahlreiche Isomere (209) mit unterschiedlichen Eigenschaften möglich.

In der Kunststoffindustrie fand PCB unter anderem als Weichmacher und als flammhemmender Zusatz Anwendung. Fengler (1993) berichtet, daß die Verwendung von PCB im Bauwesen bis ca. 1975 als Weichmacher u.a. für Fugendichtmassen üblich war. Ein weiters Anwendungsgebiet lag im Bereich der Elektrotechnik, für Kondensatoren sowie als Hydraulikflüssigkeit. Seit 1976 durfte in der BRD PCB nur noch in geschlossenen Systemen verwendet werden. Es ist allerdings schwer abzuschätzen, welche Mengen an PCB-haltigen Produkten heute noch in Verwendung sind.

PCB hat einen sehr niedrigen Dampfdruck, es ist öllöslich und wasserunlöslich, verflüchtigt sich aber zusammen mit Wasserdampf bzw. reichert sich an der Oberfläche von Wasser an. Dadurch ist PCB als ubiquitär in der Umwelt zu bezeichnen. PCB ist unbrennbar, zersetzt sich erst bei Temperaturen $> 1200^{\circ}\text{C}$. Bei geringeren Temperaturen verdampft PCB zum Teil, ein Teil wird zu den hochtoxischen chlorierten Dioxinen und Dibenzofuranen oxidiert. Die PCB sind sehr stabile Verbindungen, von denen sich einige in der Natur kaum verändern. In Deponiesickerwässern, wie auch in Deponiegasen wurde PCB nachgewiesen (Hösel, 1984; Murphy et al., 1985; Förstner, 1990).

PCBs werden seit 1929 verwendet, die Toxizität von PCB für den Menschen wurde in den 60er Jahren entdeckt. Verschiedene Berichte über Beeinträchtigungen des Immun- und Nervensystems, Kanzerogenität und Teratogenität bei Langzeitbeeinflussungen des Menschen liegen vor (Yakushiji, T. et al, 1984; Miller, S., 1983; Shigematsu, Y. et al, 1978; Unger, M., 1982).

Aufgrund dieser gesundheitsschädigenden Eigenschaften ergeben sich für die Entsorgung von PCB haltigen Materialien aus dem Bauwesen, beispielsweise Dichtungsmaterialien, Kunststoffolien die folgenden Anforderungen:

- ♦ Zur Sanierung von PCB-belasteten, in Gebrauch befindlichen Bauteilen müssen nach Fengler (1993) nicht nur die Primärquelle, beispielsweise das Fugendichtmaterial, entsprechend entsorgt werden, sondern auch die umgebenden Baumaterialien wegen des Stofftransportes in die i.a. sehr porösen Flanken. Er stellt fest, daß verglichen mit einer Asbestsanierung diese Arbeit deutlich schwieriger sei.
- ♦ Beim Ausbau der mit PCB verunreinigten Materialien mit einem elektrisch betriebenen Fugen-Schneidmesser können infolge der hohen Arbeitstemperaturen Freisetzungen von PCB und PCB-Pyrolyseprodukten in die Luft nicht ausgeschlossen werden (Arbeitnehmerschutzvorschriften beachten).
- ♦ Wenn eine thermische Behandlung erfolgt, dann nur in geeigneten Anlagen mit möglichst vollständigem Ausbrand und mehrstufiger Abgasreinigung. Insbesondere auf hohe Temperaturen, $> 1200^{\circ}\text{C}$ und ausreichende Aufenthaltszeiten in diesem Temperaturbereich ist zu achten. Die in der BRD gültige TA Luft (1986) schreibt eine Temperatur von $> 1200^{\circ}\text{C}$ und eine Verweilzeit von 0,3 Sekunden bei der Verbrennung vor.
- ♦ Die direkte Ablagerung ohne Vorbehandlung ist aufgrund der Beständigkeit der PCB langfristig als umweltgefährdend einzustufen. Darüberhinaus ist das Verhalten und die Art von Kunststoffadditiven aus den vergangenen Jahrzehnten in Deponien nicht absehbar.

4.5.3 Faserstoffe (Asbest-, Glas-, Mineralfaserprodukte)

Die im Zusammenhang mit Asbest (Spritzasbest, schwach gebundener Asbest) stehende Problematik ist hinlänglich bekannt, es sei hier lediglich darauf verwiesen, daß zementgebundene Asbestfaserprodukte in Kleinmengen durchaus in den Baustellenabfällen vorkommen können (Unwissenheit oder Unaufmerksamkeit des Personals, mengenmäßige Geringfügigkeit etc.). Beim Rückbau, bei der Sortierung und Aufbereitung von

Baustellenabfällen ist daher besonders Bedacht darauf zu nehmen, daß asbesthaltige Materialien keinesfalls zerkleinert und somit die Asbestfasern in die Luft freigesetzt werden.

Neben der Anwendung von Asbestfasern werden andere Mineralfasern im Bauwesen, vor allem in Form von mineralischen Faserdämmstoffen verwendet (Steinwolle, Glaswolle, Schlackenwolle). Die in den Dämmstoffen enthaltenen Fasern sind in der Regel aufgrund ihrer Länge und ihres Durchmessers nicht lungengängig, durch die Bearbeitung (Zuschnitt, Brechen, Verarbeiten) können allerdings auch kürzere Faserbruchstücke entstehen, die in die Lunge gelangen können (Pospischil, 1993). Hinweise für ein krebsauslösendes Gefährdungspotential für den Menschen haben sich bisher nicht bestätigt. Krebsgefährdend können Faserstoffe dann wirken, wenn die folgenden Kriterien erfüllt sind

- ♦ Durchmesser < 1 Mikrometer
- ♦ Länge < 100 Mikrometer
- ♦ Beständigkeit im Körper über längere Zeiträume (mehrere Jahre).

Das Vorkommen lungengängiger Fasern bei der Herstellung von Mineraldämmstoffen ist anteilmäßig allerdings sehr gering, zahlenmäßig weniger als 10 % und gewichtsmäßig weniger als 0,15 % (Gahlmann, 1990). Bei der Verarbeitung sind noch geringere Anteile zu erwarten.

Gegenüber den Dämmstoffen aus geschäumten Kunststoffen sind Mineraldämmstoffe jedoch vorteilhaft zu sehen. Langfristig ist die Verwendung von biogenen Dämmstoffen und mineralischen Dämmstoffen mit niedrigem Primärenergieinhalt anzustreben (Boisits, 1993).

Bei der Entsorgung von Mineralwolle-Dämmstoffen u.ä. Materialien sind daher die gleichen Schutzmaßnahmen, wie bei der Verarbeitung zu berücksichtigen. Das heißt, daß beim Rückbau und der weiteren Behandlung derartiger Materialien unnötige Staubeentwicklung durch Zerkleinern, Transportieren, Kehren zu vermeiden ist. Eventuell kann eine Befeuchtung des Materials sinnvoll sein. Bei der manuellen Sortierung sind Maßnahmen gegen Reizungen der Augen, der Haut und der Schleimhäute zu setzen. Für die Deponierung liegen Auslauguntersuchungen vor, die gemessenen Konzentrationen an Inhaltstoffen und Spurenelementen waren durchwegs sehr gering (Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, 1991). Eine Deponierung kann daher als langfristig umweltverträglich angesehen werden, beim Einbau auf der Deponie ist die Freisetzung von Mineralfasern ebenfalls zu minimieren.

5. ABFALLMASSEN

5.1 Masse für den Bundesabfallwirtschaftsplan

Derzeit liegen keine bundesweit abgesicherten Daten vor. Die in Tabelle 5-1 angegebenen Mengen beziehen sich auf Mischungen von Bauschutt und Baustellenabfällen (Muldeninhalte).

Masse für den Bundesabfallwirtschaftsplan: rund 2 Millionen Tonnen/Jahr.

Tabelle 5-1
Mengen an Baustellenabfällen

Baustellenabfälle	Menge in Tonnen/a	Einwohnerspezifisch Tonnen/E.a
Wien1)	585.000	0,36
Oberösterreich2)	150.000	0,12
Österreich3)	2.000.000	0,26
BRD4)	10.000.000	0,2

- 1) GUA, Wiener Baurestmassen 1988;
- 2) Oberösterreich, 1992; Landesgesetzblatt, 38. Verordnung vom 27.4.1992, mit der ein Abfallwirtschaftsplan für das ganze Landesgebiet erlassen wird (OÖ. Abfallwirtschaftsplan 1992)
- 3) Bansch/Plattner, 1991
- 4) Statistisches Bundesamt der BRD, Schätzung vom 1.3.1990

5.2 Objektsbezogene Abfallmassen

Geht man von der durchschnittlichen Zusammensetzung eines Wohnhauses aus den 70 er Jahren aus (Hermann, 1972) so ergeben sich für derartige Gebäude rd. 13 kg/m³BRI (BRI = Bruttorauminhalt) an Kunststoffen, Dämmstoffen, bituminösen Materialien, Asbestzement etc., Materialien die üblicherweise als Baustellenabfälle entsorgt werden. Diesen Daten kommen für den Bereich der Wohnbausanierung besondere Bedeutung zu, da in den nächsten Jahren entsprechend rege Bautätigkeit in diesem Bereich zu erwarten sind (vergleiche dazu die Studie "Sanierung im Wohnbau in Österreich" vom Forschungsverband der österreichischen Baustoffindustrie aus dem Jahre 1990).

Aus der Kalkulation ist das Containervolumen für die Baustellenendreinigung bekannt, es werden 0,1 m³ je m² Nutzfläche des Objektes angegeben. Bei den im Zuge der Endreinigung (vorwiegend Neubaugeschehen) erfaßten Baurestmassen handelt es sich überwiegend um Baustellenabfälle.

Weitere Daten könnten aus der gezielten Auswertung von Nachkalkulationen ermittelt werden.

6. ZUORDNUNG ZU BEHANDLUNGSWEGEN

6.1 Österreich

ÖNORM S 2100: Thermische Behandlung nach Konditionierung
Deponierung nach Konditionierung

Entwurf für eine Deponie-VO (10.1.1994): Mülldeponie

Trenn-VO (Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien. BGBl. 269/1991): Manuelle oder mechanische Trennung verschiedener Fraktionen beim Überschreiten von Mengenschwellen oder aufgrund anderer gesetzlicher Regelungen (gefährliche Abfälle und Verpackungsabfälle)

6.2 Deutschland

TA Siedlungsabfall (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz vom 14. Mai 1993. Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen.): Getrennte Erfassung, sofern dies nicht möglich
Sortierung in Anlagen
bis 2005 Deponierung auf Altdeponien oder in eigenen Abschnitten bei neuen Deponien

6.3 Schweiz

TVA (Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990): Trennung von Bauschutt
Reaktordeponie

7. BEHANDLUNGSTECHNOLOGIEN; DERZEITIGE ENTSORGUNG**7.1 Sortieranlagen**

Bei der Aufbereitung von Baustellenabfällen ist die Sortierung als primärer und zentraler Prozeß zu nennen. Vor einer weitergehenden Aufbereitung, wie Zerkleinerung und Fraktionierung werden zunächst Feinteile, verschiedene organische Stoffgruppen und Metalle aus dem Materialstrom abgetrennt. Dies erfolgt in mechanischen und manuellen Verfahrensschritten. Die Abbildung 7-1 gibt ein Anlagenkonzept für eine sehr gut ausgestattete, schweizerische Aufbereitungsanlage für Baustellenabfälle wieder. Die prinzipielle Anlagenkonstellation ist auch für österreichische Anlagen zutreffend, Zykclone und Windsichter werden jedoch derzeit noch selten eingesetzt.

Nach Anlieferung und Eingangskontrolle werden die Baustellenabfälle i.a. mit einem Greifer vorsortiert. Vom verbleibenden Material werden über Trommelsiebe die Feinteile abgetrennt, wobei je nach Anlagenkonzeption bereits in der Siebtrommel die Leichtstoffe z.B. durch Absaugen entfernt werden. Aus dem Siebüberlauf erfolgt die Separation von Wertstoffen manuell, Eisenmetalle werden zusätzlich mit Magneten erfaßt. Weitere Elemente sind Shredder zur Zerkleinerung der Überkörner und Windsichter zur Abtrennung der Leichtstoffe sowie Entstaubungsanlagen für Abluft aus dem Trommelbereich und dem Windsichter. Die Entstaubung erfolgt im Zyklon oder im Wasserbett. Die weitere Behandlung des mineralischen Materials kann prinzipiell in einer Aufbereitungsanlage für Bauschutt erfolgen, da nun entsprechende Eignung vorliegt.

Der Trennprozeß in Sortieranlage für Baustellenabfälle ist mit hohem Personalaufwand verbunden, vor allem bei der Vorsortierung (mind. 2 Personen) als auch im Bereich des Sortierbandes (meist > 3 Personen). Den Fragen der Arbeitshygiene wird daher in Zukunft größere Bedeutung zukommen.

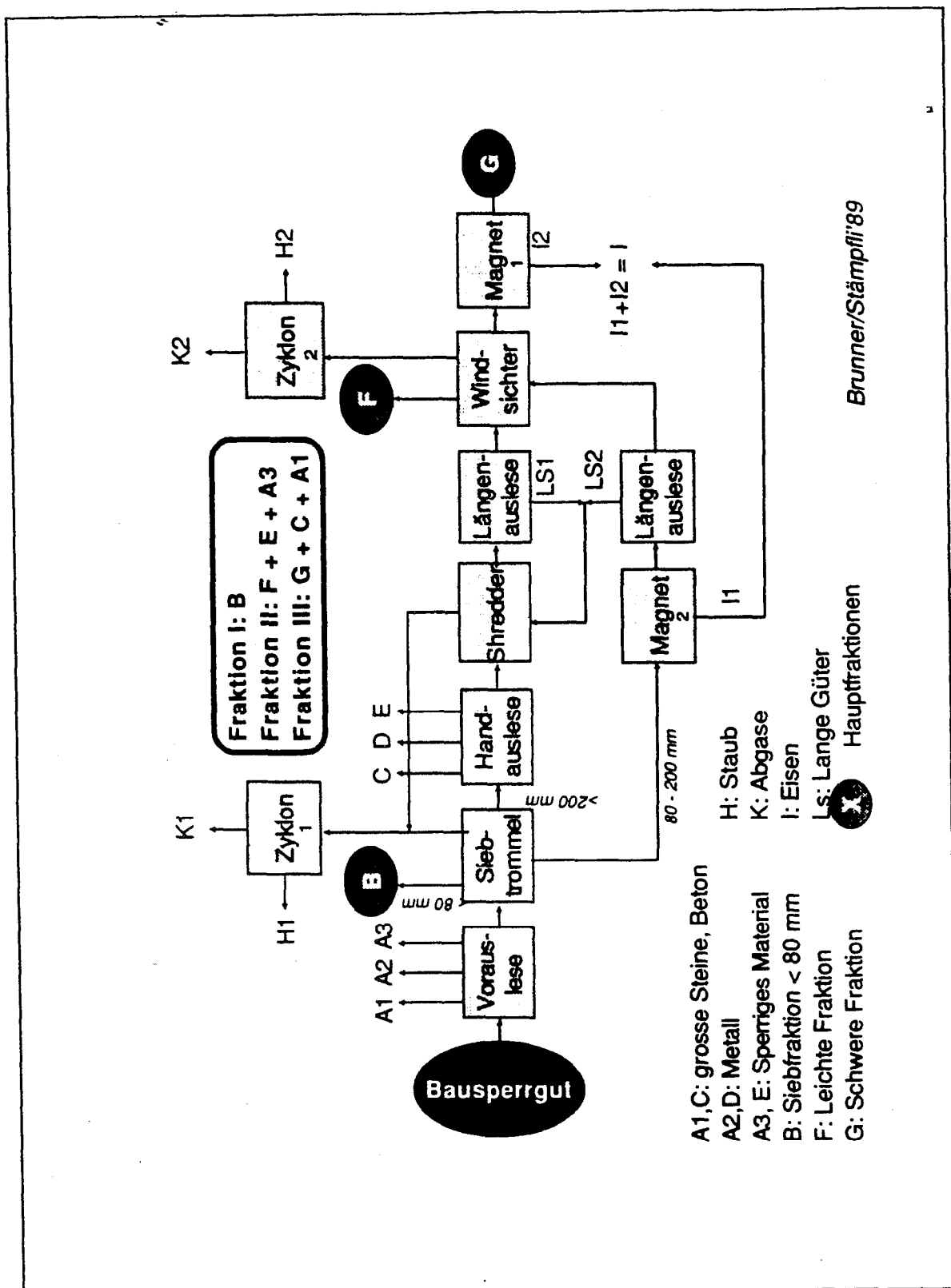


Abbildung 7-1
Prinzipieller Aufbau einer Sortieranlage für Baurestmassen
(EAWAG, 1989)

Die mengenmäßige und stoffliche Verteilung auf die einzelnen Fraktionen wurden bereits mehrfach untersucht. In Tabelle 7-1 sind die mengenmäßigen Verteilungen der Baustellenabfälle auf Sortierfraktionen aus verschiedenen Untersuchungen angeführt.

Ein mengenmäßig bedeutsamer Materialstrom in der Größenordnung von 30 - 45 Gew.-% wird bereits mit der Feinfraktion aus den Baustellenabfällen abgetrennt, vergleiche dazu EAWAG (1989), Gretzmacher (1993), Institut für Wassergüte (1991), Amt für Umweltschutz und Energie (1991). Dieser Anteil der Feianteile wird natürlich einerseits vom Ausgangsmaterial bestimmt, andererseits beeinflusst der gewählte Durchmesser für die Abtrennung der Feinfraktion die Ergebnisse wesentlich. Bei der o.a. Untersuchung des Institutes für Wassergüte (1991) erfolgte die Abtrennung des Feianteils bei einer Siebschlitze von 10 mm und lieferte 31 Gew.-% Feianteile, während die Untersuchungen an Schweizer Anlagen die Feianteile mit einem Durchmesser von < 30 mm abtrennte und damit ebenfalls 31 Gew.-% (EAWAG, 1989) bzw. bei einem Sieblochdurchmesser von 80 mm Feianteile im Ausmaß von rd. 45 Gew.-% (Amt für Umweltschutz und Energie, 1991) des Ausgangsmaterials (Baustellenabfälle) abtrennte.

Der Vergleich der österreichischen Untersuchungsergebnisse mit den ausländischen zeigt eine grundsätzliche Vergleichbarkeit der Daten. Starke Unterschiede ergeben sich erwartungsgemäß in den brennbaren Anteilen, aufgrund der bisherigen, unklaren Abgrenzung von Bauschutt und Baustellenabfällen.

Die Untersuchungen zeigen, daß derzeit verwertbare mineralische Sortierfraktionen im Ausmaß von 20 - 50 Gew.-% erwartet werden können. Wiederum werden diese Anteile wesentlich vom Eingangsmaterial bestimmt. In Zukunft ist eher ein Rückgang der mineralischen Fraktionen auf 20 Gew.-% zu erwarten (Gretzmacher, 1993).

Brennbare Fraktionen (z.B. inkludierend Holz, Papier, Karton und Kunststoffe) sind in der Größenordnung von etwa 20 bis 40 Gew.-% zu erwarten. Metalle machen einen Anteil von etwa 2 - 5 Gew.-% aus.

Bei der manuellen Sortierung kann die Auswahl der aussortierten Stoffgruppen sehr leicht variiert werden. Die Auswahl einer Stoffgruppe richtet sich im wesentlichen nach der Marktsituation, den Wiederverwertungsmöglichkeiten und den Entsorgungsgebühren.

Hinsichtlich der Trennung nach chemischen Inhaltsstoffen sind Sortieranlagen nur bedingt geeignet. Tabelle 7-2 zeigt auf, daß zwar eine Anreicherung einzelner Stoffe in Sortierfraktionen gegeben ist, z.B. der Chloride in den Leichtstoffen (Fraktion II), daß es aber nicht möglich ist, den Stofffluß bestimmter Elemente in eine spezielle Fraktion zu kontrollieren (Brunner und Stämpfli, 1993).

Die Erkenntnisse von Brunner und Stämpfli (1993) werden in der Praxis immer wieder bestätigt. Vor allem die Feinfraktionen der Sortieranlagen (Fraktion I) weisen i.a. Stoffgehalte auf, die eine Verwertung als hochwertiger Baustoff nicht zulassen.

Tabelle 7-1
Mengenmäßige Verteilung der Baustellenabfälle auf Sortierfraktionen

Produkte	Eigen- schaft	EAWAG	BASORAG	BASORAG	Gretz- macher	Tobler	TU Wien
		1989	II/1991	IV/1991	1993	1993	1991
		Verteilung in Massenprozent					
Vorsieb		6,8	30,9	32,3	0,0	0,0	12,1
Beton, Steine	Mineralisch	3,8	3,5	1,8			
Metalle	Metalle	1,3	1,6	1,8			
Sperriges	Brennbar	1,7	25,8	28,7			12,1
Feinfraktionen		45,3	41,2	44,8	42,2	29,1	31,4
Feinfraktion I	Reststoff	45,3	29,2	31,1	42,2	10,3	24,6
Feinfraktion II	Reststoff		12,0	13,7		18,8	6,8
Grenzdurchmesser		80 mm	80 mm	80 mm		40 mm	10 mm
Leichtstoffe	Brennbar	22,8					1,1
Handauslese		24,2	27,9	23,0	57,9	70,9	55,5
Holz	Brennbar		1,1	0,6	14,5	7,9	0,4
Kunststoffe	Brennbar					0,1	0,1
Papier, Pappe	Brennbar				3,4	0,2	
Multikomponentenmaterial	Brennbar	0,2	12,8	9,2	13,5	20,0	0,1
Metalle	Metalle	1,0	0,2	0,1	4,8	3,5	0,4
große Steine	Mineralisch	1,8	1,5	2,1		0,8	
Mineralisches	Mineralisch	21,2	12,3	11,0	21,7	38,4	54,5
Eisen/mech. *)	Metalle	0,8					
Staub	Reststoff	0,1					n.b.
Entsorgung							
Stoffliche VW	Mineralisch	26,8	17,3	14,9	21,7	39,2	54,5
Stoffliche VW	Metalle	3,1	1,8	1,9	4,8	3,5	0,4
Thermische VW	Brennbar	24,7	39,7	38,5	31,4	28,2	13,7
Ablagerung	Reststoff	45,4	41,2	44,8	42,2	29,1	31,4

*) Abtrennung von Fe-Metallen mittels Magnet

VW = Verwertung

Untersuchungen: EAWAG (1989), BASORAG (Amt für Umweltschutz und Energie, 1991), Gretzmacher (1993), Tobler (1993), TU Wien (Institut für Wassergüte, 1991)

Tabelle 7-2

Transferkoeffizienten für eine Sortieranlage für Muldeninhalte
(Brunner und Stämpfli, 1993)

Parameter	Fraktion I	Fraktion II	Fraktion III	Metalle	Rest
	Masse-%				
Transferkoeffizient Masse *)	0,45	0,25	0,27	0,03	0,001
Nichtmetalle					
Kohlenstoff org.	0,16	0,8	0,04	n.b.	< 0,01
Schwefel	0,57	0,24	0,18	n.b.	0,01
Chlor	0,09	0,86	0,05	n.b.	< 0,01
Metalle					
Aluminium	0,42	0,21	0,34	0,03	< 0,01
Blei	0,14	0,37	0,4	0,09	< 0,01
Cadmium	0,29	0,57	0,14	n.b.	n.b.
Calcium	0,56	0,15	0,29	n.b.	n.b.
Eisen	0,14	0,1	0,13	0,63	< 0,01
Kupfer	0,03	0,15	0,13	0,69	< 0,01
Quecksilber	0,43	0,36	0,12	n.b.	0,09
Zink	0,31	0,44	0,05	0,2	< 0,01

n.b.: nicht bestimmt

Fraktion I: Siebdurchgang $\varnothing < 80$ mm, überwiegend anorganisches Material jedoch $> 2\%$ C_{org.}, ca. 45 Masse-%. Entspricht der Fraktion B der Abbildung 7-1.

Fraktion II: Leichtfraktion nach Siebung, Sortierung, Mahlen, Windsichten; hoher Heizwert ($\sim 7,6$ MJ/kg), äußerlich vergleichbar geschreddertem Hausmüll, ca. 40 - 50 % organische Anteile; ca. 25 Masse-%. Entspricht den Fraktionen F+E+A3 der Abbildung 7-1.

Fraktion III: Schwerstoffe vom Windsichter, Steine, überwiegend anorganisch; ca. 27 Masse-%. Entspricht den Fraktionen G+C+A1 der Abbildung 7-1

Metalle: Aus Handsortierung und 2 Magneten; ca. 3 Masse-%. Entspricht den Fraktionen A2+D+I der Abbildung 7-1.

*) Der Transferkoeffizient ist definiert als Verhältnis der Stofffracht im Edukt (Baustellenabfälle) eines Prozesses zur Stofffracht im Produkt (aussortierte Fraktionen) eines Prozesses.

7.2 Stand der Vermeidung und Verwertung in Österreich

Derzeit können nach Auskunft des Österreichischen Baustoff Recycling Verbandes ca. 4,5 Millionen Tonnen an Baurestmassen behandelt werden. Darin sind allerdings Bauschutt und Straßenaufbruch beinhaltet. Kapazitätsangaben für Baustellenabfälle alleine liegen nicht vor.

Die jährlich in Österreich anfallenden 2,5 Millionen Tonnen Baustellenabfälle werden seit dem Inkrafttreten der Trenn-Verordnung vermehrt Aufbereitungsanlagen zugeführt. Die dort aussortierten Wertstoffe (Metallt, Kunststoffe, Mineralien) werden der Industrie zugeführt, generell schränken jedoch anhaftende Verunreinigungen die Wiederverwertung ein. Insbesondere bei Kunststoffen ist eine stoffliche Verwertung von Sortenreinheit und Verunreinigungsgraden durch Fremdstoffe abhängig. Die mineralischen Fraktionen sind i.a. wiederverwertbar, ebenso Metalle. Die Verwertung der Feinanteile ist derzeit nur bedingt möglich, sie werden vorwiegend deponiert.

In einigen Bereichen haben sich die Hersteller zur Rücknahme ihrer Produkte bereit erklärt, wie z.B. bei Kunststoffenstern. Diese System könnte auch auf andere Baumaterialien und Bauteile ausgeweitet werden, z.B. Dämmstoffe, Kunststofffolien, Gipsprodukte, Haustechnikanlagen.

8. BEHANDLUNGSWEG; PERSPEKTIVEN

8.1 Vermeidung

Baustellenseitige Trennung forcieren

Durch ein sorgfältiges Abtrennen der Baustellenabfälle von mineralischen Materialien bereits an der Baustelle, kommt es jedenfalls zu einer qualitativen Verbesserung des Bauschuttes und damit des bauschuttbürtigen Recyclingmaterials. Für die Entsorgung der Baustellenabfälle ergeben sich im Gegenzug Mengenreduktionen von etwa 25 Massen-% durch die getrennte Erfassung des mineralischen Anteils. Desweiteren sind damit positive Auswirkungen bei einer thermischen Nutzung der Baustellenabfälle gegeben, weil andernfalls eine unbelastete mineralische Matrix unnötige Kapazitäten bindet.

Rückbau statt Abbruch

Rückbauvorhaben werden bereits in zahlreichen Ländern (BRD, CH, DK) durchgeführt. In Österreich wird Rückbau derzeit noch vor allem im Zusammenhang mit Umbaumaßnahmen, z.B. an Industrieobjekten durchgeführt. Der kontrollierte Abbau von Gebäuden wird zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Schadstoffentfrachtung

Schadstoffbelastete Materialien und gefährliche Abfälle sind soweit als möglich von den Baustellenabfällen fernzuhalten. Beispielsweise kann der Einsatz von chemischen Brandschutzmitteln und Fungiziden durch konstruktive Maßnahmen reduziert werden. Im Bereich des Wohnbaus werden seitens der Baustoffproduzenten vermehrt "schadstofffreie", "ökologische" oder "umweltfreundliche" Baustoffe angeboten. Es ist zu prüfen ob diese Materialien die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen. Die Kriterien der Bauökologie werden zukünftig an Bedeutung gewinnen (Stichworte: Sick Building Syndrom, Innenraumbelastung). Diese und ähnliche, positive Tendenzen wäre auf alle Bereiche des Bauwesens zu übertragen.

Die Auswahl von Baustoffen muß zukünftig auch im Hinblick auf eine spätere Entsorgung erfolgen. Aus den Forderungen des Abfallwirtschaftsgesetzes (BGBl 325/1990) nach der Schonung der Rohstoff- und Energiereserven, der Schonung des Deponieraumes und der Anwendung des Vorsorgeprinzips läßt sich ableiten, nur noch weitgehend erdkrustenähnliche oder biomasseähnliche Baumaterialien zu verwenden. Auch wenn diese Ziel kurzfristig nicht erreicht werden kann, sollen derartige Überlegungen bei der Produktion und Anwendung von Bauhilfsstoffen und Additiven die Stoffauswahl beeinflussen.

Entsorgungsgerechte Materialverbunde

Die Anwendung von "Verbundmaterialien" mit nahezu untrennbaren Materialverbunden sollte auf ein Minimum reduziert werden. Lassen sie sich nicht vermeiden, so ist die Wiederverwertung von ganzen Bauteilen anzustreben. (Stahlbeton, glasfaserverstärkte Baustoffe, Sandwichkonstruktionen usw.). Für die Entsorgung zeigt beispielsweise die

Anwendung punktueller Verbindungsmittel (Schrauben, Nieten, Nageln...) Vorteile gegenüber flächenhafter Verbindungen (Kleben, Aufschweißen...). Leicht lösbare Verbindungen sind anzustreben.

8.2 Verwertung und Behandlung

Baustellenseitige Trennung forcieren

Die stoffliche Verwertung ist für saubere und sortenreine Fraktionen der Baustellenabfälle anzustreben. Dazu ist eine getrennte Sammlung dieser ausgewählten Materialien bereits an der Baustelle erforderlich. Nur dort, wo eine baustellenseitige Trennung nicht möglich ist, sollen Baustellenabfälle in Sortieranlagen getrennt werden. Nachträgliche Sortierprozesse in entsprechenden Anlagen erreichen für Materialgemische häufig nicht ausreichende Trennschärfen. Die branchenmäßige Erfassung der Abfälle erhöht das Potential für Recycling, da die Abfälle homogener sind. Besonders für die Kunststoffe, die für die jeweilige Anwendung maßgeschneidert werden, ist die stoffliche Wiederverwertung umso einfacher, je besser es gelingt die originären Kunststoffe sortenrein zu erfassen. Die Wiederverwertung auf gleichem Niveau ist in Einzelfällen möglich, in der Regel kommt es jedoch zu einer Produktkaskade, an deren Ende die thermische Verwertung gefolgt von der Deponie steht (Christ, 1993).

Emissionen auf allen Stufen minimieren

Für die Entsorgung von Verpackungsabfällen sollten zusätzliche Transportwege vermieden werden, denn im Gegensatz zu Handelsbetrieben oder dem Privathaushalt ist die Baustelle eine zeitlich und räumlich veränderliche Betriebsstätte, bei der oft nur einmalige Materialanlieferungen erfolgen. Bei entsprechenden Verwertungsquoten können Verpackungsabfälle materialspezifisch, gemeinsam mit anderen Baustellenabfällen, z.B. Materialverschnitte etc., sofern diese nicht verunreinigt sind, erfaßt und behandelt werden.

Die Zwischenlagerung, der Transport und die Behandlung von Baustellenabfällen auf der Baustelle, im Bereich von Sortieranlagen etc. muß derart erfolgen, daß Umweltbeeinträchtigungen vermieden werden (siehe dazu Lahner und Lechner, 1993). Im Bereich der Ausgestaltung der Aufbereitungsanlagen (Prozeßtechnik, Arbeitnehmerschutz, Umweltschutztechnik und Standortauswahl) zeichnen sich zukünftige Handlungsschwerpunkte ab.

Thermische Nutzung

Eine thermische Behandlung mit Nutzung der Energieinhalte der Baustellenabfälle ist zukünftig einer direkten Deponierung vorzuziehen. Die thermische Nutzung setzt allerdings entsprechende emissionsmindernde Einrichtungen an den Verbrennungsanlagen voraus. Eine Verbrennung in Hausmüllverbrennungsanlagen ist in beschränktem Ausmaß möglich (Abhängigkeit von der Auslegung des Kessels). Eine weitere Möglichkeit der Entsorgung besteht darin, vorsortierte Baustellenabfälle in der Zementindustrie als Brennstoffe zu nutzen. Pilotversuche und abgesicherte Stoffbilanzen sind erforderlich, sodaß eventuelle Beeinträchtigungen der Umwelt als auch der Zementqualität ausgeschlossen werden können. Beim Einsatz von Abfällen in der Zementindustrie ist zu berücksichtigen, daß zwar die meisten organischen Stoffe aufgrund der hohen Prozesstemperaturen thermisch zerstört werden. Für Schwermetalle oder persistente organische Verbindungen sind aber die letzten Senken des Prozesses zu bestimmen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die anfallenden Abgase zu richten, bzw. auf die Rückstände im System eingebauter Entstaubungseinrichtungen. Winteler und Lohse (1994) weisen darauf hin, daß nicht alle

Reststoffe bedenkenlos für einen Einsatz in der Zementindustrie geeignet sind, Problemstoffe sind zu identifizieren und von einem Einsatz auszuschließen. Für die thermische Nutzung bieten sich vor allem jene Kunststoffe in den Baustellenabfällen an, die stofflich nicht mehr verwertet werden können (z.B. Kunststoffe aus dem Rückbau) sowie das nicht wiederverwertbare Bau- und Abbruchholz, das in der Schweiz schon seit langem in der Zementindustrie eingesetzt wird. Die Übertragbarkeit des Schweizer Prinzips auf Österreich wäre zu prüfen.

Ein Projekt eines Kärntner Zementwerkes soll die Eignung von Kunststoffen als Substitut für herkömmliche Energieträger untersuchen. Ziel des Zementwerkes ist es, ca. 500 t/a an Kohle durch Kunststoffe zu ersetzen. Theoretisch wäre es möglich 40 Gew-% der Brennstoffe (Jahresbedarf 40.000 t Steinkohle) durch Kunststoffe zu ersetzen. Beim laufenden Projekt sollen Emissionswerte untersucht und die Zementqualität überprüft werden. Bisherige Ergebnisse zeigen, daß keine Veränderung gegenüber dem herkömmlichen Betrieb festzustellen sind (Glinz, 1993).

Auch der Einsatz von Kunststoffen in Wirbelschichtöfen der Zellstoffindustrie oder in Hochöfen der Stahlindustrie ist prinzipiell möglich.

Aufgrund der zu erwartenden Kunststoffmenge in den Baustellenabfälle von rd. 30.000 t/a (GUA, 1993) sowie der Kapazitäten der österreichischen Stahl- Zellstoff- und Zementindustrie könnte eine Entsorgung auf Deponien zukünftig entfallen.

Zwischenlagerung

Für einzelne Fraktionen der Baustellenabfälle stellen Zwischenlager eine Möglichkeit dar, diese Materialien bis zur Verfügbarkeit entsprechender Technologie zu speichern.

8.3 Ablagerung

Vorbehandlung forcieren

Die Charakterisierung der Baustellenabfälle (Stoff-Gesamtgehalte, Elutionsverhalten, Heizwerte) zeigt, daß eine Deponierung dieser Abfälle ohne Vorbehandlung den Grundsätzen einer modernen Abfallwirtschaft bzw. den Zielvorstellungen für die Deponie (Inertisierung, Immobilisierung von Stoffen, Einkomponentendeponie) nicht entspricht. Direkte Ablagerung von Baustellenabfällen muß daher in Zukunft soweit als möglich vermieden werden.

Verdünnungsverbot beachten

Müssen unbehandelte Baustellenabfälle abgelagert werden, weil sie weder stofflich noch thermisch entsorgt werden können so hat dies in Reaktordeponien zu erfolgen. Ein "Verdünnen" der Baustellenabfälle mit mineralischem Bauschutt zum Zwecke des Einhaltens von Grenzwerten für die jeweilige Deponieklasse muß unterbleiben.

Altlastenbeitrag konsequent einheben

Das konsequente Einheben des Altlastenbeitrages für die Ablagerung von Baustellenabfällen soll die Marktsituation für andere Behandlungsmethoden verbessern.

Feinfraktionen verwerten

Für die Feinfraktionen aus der Sortierung von Baustellenabfällen wäre eine kontrollierte Anwendung als Schüttmaterial zu prüfen, die Randbedingungen dafür sind abzuklären. Es

müßten diese Fraktionen auf Baurestmassendeponien (Stoffgehalte sind zu bestimmen) oder auf Reaktordeponien abgelagert werden.

9. EMPFEHLUNGEN FÜR MASSNAHMEN DES BUNDES

Baustellenabfälle können nicht getrennt von anderen Baurestmassen betrachtet werden. Insbesondere zu Bauschutt und Bau- und Abbruchholz besteht ein ausgeprägtes "Nahverhältnis". Maßnahmen des Bundes, die die o.a. Baurestmassen betreffen, betreffen daher auch Baustellenabfälle. Auf Studien zu den entsprechenden Schlüsselnummern sei daher an dieser Stelle verwiesen.

9.1 Legistische Maßnahmen

9.1.1 Vollzug bestehender Regelungen

In erster Linie muß hier das Ausschöpfen der bereits zur Verfügung stehenden legistischen Instrumente angeführt werden. Beispielsweise sind Verpflichtungen zu betrieblichen Abfallwirtschaftskonzepten bereits vorhanden, jedoch nur für jene Betriebe, die auch einer gewerblichen Betriebsanlagengenehmigung bedürfen. Daher sind im allgemeinen für Baustellen, Zweigniederlassungen und Zentralen, die keiner gewerblichen Betriebsanlagengenehmigung bedürfen, keine Abfallwirtschaftskonzepte zu erstellen (Wirtschaftskammer, 1993). Ein Ausdehnen dieser Verpflichtung auf alle Bereiche des Bauwesens ist anzustreben. Dies ermöglicht ein Abschätzen der Gesamtsituation. Der Fachverband der Bauindustrie hat an seine Mitgliedsbetriebe bereits die Empfehlung abgegeben, auch für Baustellen "Abfallwirtschaftspläne" zu erstellen, obwohl dazu keine rechtliche Verpflichtung besteht (Wirtschaftskammer, 1993).

In den Abfallwirtschaftskonzepten sollen betriebliche Güter- und Stoffbilanzen¹ integriert werden, d.h. der Einsatz von Stoffen in den Produktionsprozessen, deren Transformation und deren Rückstände, sowie deren Gehalt in den Baustoffen und Bauwerken soll dokumentiert werden. Über die am Bau anfallenden Abfälle, insbesondere die Baustellenabfälle und gefährlichen Abfälle kann die Auswertung der Meldungen aufgrund der Abfallnachweisverordnung bzw. der von der Bauwirtschaft erarbeiteten Abfallnachweisformulare Auskunft geben. Weiters ist zukünftig verstärkt darauf zu achten, daß sowohl gefährliche Abfälle und nicht kontaminiertes Material, als auch verwertbare Fraktionen untereinander getrennt gehalten werden. Das Verdünnungs- bzw. Vermischungsverbot für die Ablagerung von Baurestmassen muß eingehalten werden.

9.1.2 Anwendungseinschränkungen, Kennzeichnungspflicht, Rücknahmepflicht

Die Verwendung und Freisetzung umweltbeeinträchtigender Stoffe im Bauwesen ist weitestgehend einzuschränken, beispielsweise durch Anwendungsverbote, der Verpflichtung zu geschlossenen Kreisläufen etc. In einigen Bereichen können Rücknahmeverpflichtungen der Produzenten dazu helfen, Stoffkreisläufe zu schaffen (z.B. Gipsprodukte, Kunststoffprodukte).

¹ Stoffe sind chemische Elemente oder Verbindungen; Güter sind handelbare Substanzen, die aus Stoffen bestehen.

9.1.3 Anlagenstandards

Für die Behandlung, insbesondere Sortierung ist auf bestehende Vorschriften hinzuweisen (Arbeitnehmerschutzvorschriften!) und sind Anforderungen an Anlagen- und Betriebstechnik sowie Emissionsbegrenzungen für Anlagen zu formulieren.

9.1.4 Deklarationspflicht

Langfristig sind die Baustoffproduzenten sowie alle Produzenten von im Bauwesen eingesetzten Materialien zur Erstellung von Ökobilanzen ihrer Produkte zu verpflichten. Auch auf das Einzelprodukt bezogen mengenmäßig unbedeutende Hilfsstoffe und Additive sind zu deklarieren.

9.1.5 Zumutbarkeit

Im Gewerbe- und Abfallrecht geläufige Begriffe wie "technisch und wirtschaftlich möglich" oder "unverhältnismäßige Kosten" sind generell, insbesondere im Zusammenhang mit Baustellenabfällen abzuklären. Es wird zwar mit dem Erlaß des BMUJF (1993) die wirtschaftliche Verhältnismäßigkeit der Trennung und Verwertung von Baurestmassen teilweise geregelt, die technische Machbarkeit wird jedoch nicht weiter kommentiert. Die Verhältnismäßigkeit für Trennung und Verwertung ist demnach dann gegeben, wenn der Transport mehr als 50 km ausmacht und die Kosten der Behandlung (Trennung, Sortierung, Verwertung) im Vergleich mit den ortsüblichen Deponiepreisen diese um nicht mehr als 25 % überschreiten.

Beispielsweise definiert die Stadt München die Grenze für die wirtschaftliche Zumutbarkeit für Dekontaminationskosten von Erdreich mit dem 3,5-fachen der entsprechenden Deponiegebühren (Schmidt, 1991).

9.2 Organisatorische Maßnahmen

9.2.1 Abfallwirtschaftliche Konzepte

Von der Bauindustrie sind Konzepte zur Umsetzung der abfallwirtschaftlichen Vorgaben zu erarbeiten und auch der Vollzugsnachweis mit den zuständigen Behörden abzuklären.

Die bestehenden Behandlungskapazitäten sowie der Entsorgungsbedarf für Baustellenabfälle sind abzuklären. Für einzelne, schadstoffhaltige Baustellenabfälle sind entsprechende Sammel- und Entsorgungslogistiken gemeinsam mit den Produzenten dieser Materialien zu erarbeiten.

9.2.2 Stoff- und Güterbilanzen

Baustellenabfälle stellen häufig eine Senke für gefährliche Abfälle bzw. für Materialien mit toxischen oder umweltgefährdenden Stoffinhalten dar, die sowohl bei der Nutzung der Bauwerke als auch bei der Entsorgung der Baurestmassen aus Unwissenheit nicht berücksichtigt werden. Eine genaue Kontrolle der im Bauwesen eingesetzten Stoffe sowie über deren Verbleib ist daher notwendig (Produktdeklarationen, Angabe der Stoffinhalte etc.). Abgesicherte, branchenspezifische Güter- und Stoffbilanzen sind dazu erforderlich. Diese können zunächst auf der Basis freiwilliger Vereinbarungen zwischen der Industrie und

den damit befaßten Behörden vereinbart werden, sofern sie nicht ohnehin bereits verpflichtend für die Betriebe vorgeschrieben sind. Die Gebietskörperschaften als Auftraggeber können bei der Durchführung von Bautätigkeiten derartige Bilanzen einfordern.

9.2.3 Langfristige Dokumentation

Während für die Bereiche der eigentlichen Bautätigkeit die Gefährdungspotentiale der einzelnen verwendeten Baumaterialien als hinlänglich bekannt vorausgesetzt werden können (Arbeitnehmerschutzvorschriften, Anwendungshinweise, Kennzeichnungspflicht auf den Gebinden etc.), trifft dies für die Bereiche der Planung und des Abbruchs bzw. Rückbaues nicht immer zu. Es ist daher erforderlich, einen entsprechenden Kenntnisstand zu schaffen. Für die Planer muß dies im Zuge ihrer Ausbildung geschehen. Für den Abbruch bzw. den zukünftigen Rückbau von Bauwerken ist es erforderlich, jene Informationen die bei der Herstellung des Bauwerkes vorlagen, bereitzustellen. Das bedeutet, daß Informationen über die stoffliche Zusammensetzung eines Gebäudes und die verwendeten Güter über lange Zeiten zur Verfügung stehen müssen, ähnlich den Bau- und Ausführungsplänen. Nur so kann beim Rückbau die effektivste Methode und Entsorgungsstrategie ausgewählt werden. Diese Informationen müssen dem jeweiligen Bauwerksbesitzer zur Verfügung stehen.

9.2.4 Vorbildwirkung der Gebietskörperschaften

Mit der Kenntnis der Stoffinhalte einzelner Baumaterialien sollte die öffentliche Hand (Bund, Länder, Gemeinden) beginnen, Güter- und Stoffbilanzen für die bestehende Infrastruktur zu erarbeiten. Die Kenntnis des Stofflagers ist erforderlich, um zukünftige Entsorgungsstrategien zu erarbeiten bzw. um Stoffsenken und -quellen in der Anthroposphäre zu identifizieren (vergleiche dazu Punkt 4.5.1). Weiters sind langfristig Nutzungs- und Rückbaukataster für bundeseigene Bauwerke anzustreben, die eine (ökologisch und ökonomisch sinnvolle) Bewirtschaftung des Bauwerkslagers ermöglichen. Die beim Rückbau gewonnenen Materialien können für den Neubau von Gebäuden verwendet werden.

9.3 Forschungs- und Entwicklungsbedarf

9.3.1 Datenlage verbessern

Die Datenlage betreffend Art und Menge von Baustellenabfällen, regionaler und objektsbezogener Anfall etc. muß kurzfristig verbessert werden. Die Aggregation der Daten ist bundesweit abzustimmen. Diese Datenerfassung sollte vorzugsweise durch die Gebietskörperschaften in Zusammenarbeit mit der Bauindustrie erfolgen. Beispielsweise machen die Mitgliedsbetriebe des Österreichischen Baustoff Recycling Verbandes einen etwa 80 %-igen Anteil der in Österreich vorhandenen Aufbereitungsbetriebe aus.

9.3.2 Zentrale Dokumentationen

Die Kenntnisse über die im Bauwesen eingesetzten Stoffe sind unzureichend. Die Baustoffproduzenten sind zu verpflichten, den Einsatz und den Verbleib von Prozeßstoffen darzulegen. Ökobilanzen und Lebenszyklusanalysen über Baumaterialien müssen die letzten Senken für eingesetzte Stoffe aufzeigen. Dazu sind kurzfristig, in einem ersten Schritt

bestehende Kenntnisse in Form von bereits vorliegenden Stoff- und Ökobilanzen, Lebenszyklusanalysen usw. der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die zentrale Verwaltung der Daten, z.B. bei einschlägigen Institutionen (z.B. Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Fachverband der Bauindustrie, BMUJF etc.) ist anzustreben. Dies erleichtert den Zugriff für Bauherren, Planer und Bauausführende.

Die Erarbeitung der Daten für Ökobilanzen etc muß zum Zwecke der Vergleichbarkeit mit einheitlichen methodischen Ansätzen erfolgen. Diese Methodik ist mittelfristig auszuarbeiten.

9.3.3 Umweltverträglichkeitsuntersuchungen

Ob und in welchem Umfang Baumaterialien wiederzuverwerten sind, sollte mittelfristig durch entsprechende Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (inkludierend Güter-, Stoff- und Energiebilanzen) belegt werden. Es ist jenes Verfahren für die Entsorgung anzuwenden, welches die geringsten Umweltbelastungen verursacht. Entscheidungen alleine auf Basis betrieblicher Kosten-Nutzenanalysen verzerren die tatsächliche Situation, sofern nicht externe Kosten Berücksichtigung finden. Bei der Bewertung einzelner Verfahren sind sowohl alle Verfahrensschritte als auch die gesamte Prozeßkette zu beurteilen.

Für die Beurteilung einzelner Behandlungsverfahren kann es erforderlich sein, Pilotversuche durchzuführen. In diese Versuche sollen auch Bundesversuchs- und -forschungsanstalten miteingebunden werden (bestehende Kapazitäten ausschöpfen), sodaß Ergebnisse öffentlich zugänglich sind.

9.4 Gesellschaftspolitische Maßnahmen

Bei der Ausbildung der Planer und Ingenieure ist bereits darauf hinzuweisen, daß die Anforderungen der Entsorgung in die Planung Eingang finden. Die Materialvielfalt kann objektbezogen durchaus eingeschränkt werden, ohne daß es zu Qualitätseinbußen kommt. Auf die Problematik von Verbundstoffen in der Entsorgung ist hinzuweisen.

Den Benutzern der Bauwerke muß deutlich gemacht werden, daß neben dem Betrieb und der Instandhaltung auch die Herstellung und Entsorgung umweltrelevante Prozesse im gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes sind. Bei der Bauwerkskonzeption müssen daher auch diese Anforderungen erfüllt werden, die nicht immer mit denjenigen der Nutzer ident sein können. Auch die privaten "Häuselbauer" müssen geeigneterweise auf die Umweltrelevanz ihrer Bautätigkeiten aufmerksam gemacht werden, beispielsweise durch Auflage von Informationsbroschüren bei einschlägigen Behörden und bei Baumärkten etc., durch Hinweise in den Gemeindeblättern, durch Hinweise seitens der baugenehmigenden Behörde.

10. LITERATUR

- Amt für Umweltschutz und Energie Baselland, Umweltschutzlabor et al.: Stoffflußanalyse der Bauabfallsortieranlage BASORAG. Hauptbericht. Liestal. 1991.
- Boisits, R.: Dämmstoffe auf dem ökologischen Prüfstand. Hrsg. Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie. 2. Auflage. Wien. 1993.
- Brunner, P.H.; Stämpfli, D.: Material Balance of a Construction Sorting Plant. In: Waste Management and Research (1993) Vol 11, pp 27 - 48.
- Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.): Recycling Verwertung und Behandlung von Bauabfällen. Bern. 1991.
- BMUJF: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie: Erlaß zur Trenn-Verordnung. ZL. 08 3504/494-V/4/93-Fü. Wien. Juli, 1993.
- Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Umweltpolitik. ". Bericht der Bundesregierung an den deutschen Bundestag über Maßnahmen zum Schutz der Ozonschicht. Drucksache 12/3846. Bonn. 26.11.1992.
- Christ, K.: Konzepte zur Abfallverminderung und -vermeidung in der chemischen Industrie. In: Sutter, H.; Held, M. (Hrsgb.). Stoffökologische Perspektiven der Abfallwirtschaft. Reihe Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis. Band 57. Erich Schmidt Verlag. Berlin. 1993.
- Diaz L. et al.: Public Health Aspects of Composting Refuse and Sludge and of the Leachates Therefrom. Zitiert in: Handbook of Solid Waste Properties. CalRecovery, Inc. & Governmental Advisory Associates, Inc., 1993.
- EAWAG, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Hrsg.): Stoffflußanalyse einer Sortieranlage für Bausperrgut. Brunner, P.; Stämpfli, D. Dübendorf, 1989.
- Fengler, K.: PCB-Sanierung im Hochbau. In: Technische Mitteilungen 86 (1993). Heft 3 September. St. 142 - 147.
- Förstner, U.: Umweltschutztechnik. Springer Verlag. Berlin. 1990.
- Gahlmann, H.: Gesamtökologische Bilanzen als Leitschnur unseres Handelns. Flumroc AG (Hrsg.). Flums. 1990.
- Glinz, H. zitiert in : Plastikrecycling: und es funktioniert doch. In: a3 umwelt. (6) 12/93. St. 12 - 16. Gießhübl. 1993.
- Governmental Advisory Associates (Hrsg.): Handbook of Solid Waste Properties. New York. 1993;
- Gretzmacher, G.: Persönliche Mitteilung. Wien. 1993.

- GUA, Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung: Mittelfristiges Strategiekonzept für die Verwertung gebrauchter Kunststoffe in Österreich. Wien. 1992.
- Hösel, G.: Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage "Umweltgefährdung durch polychlorierte Biphenyle". In: Müll und Abfall 10/1984. Erich Schmidt Verlag. Berlin. 1984.
- Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau: Fachgrundlage zur Beurteilung der Deponiefähigkeit von Bauschutt. In: Schriftenreihe der Sektion V des BM für Umwelt, Jugend und Familie. Band 1. Wien. 1991.
- Lahner, T.; Lechner, P.: Grundlagen für bundeseinheitliche Regelungen für die Entsorgung von Baustellenabfällen. Studie im Auftrag des Bundesministerium für Jugend, Umwelt und Familie. Wien. 1993.
- Murphy, T. et al. in Environmental Science and Technology. 19 (10), 1985, p 942.
- Poller, T.: Hausmüllbürtige LCKW/FCKW und deren Wirkung auf die Methangsbildung. In: Hamburger Berichte 2. Technische Universität Hamburg-Harburg. 1990.
- Pospischil, E.: Bauchemie - Gefahrenstoffe in der Bauwirtschaft, Aspekte des Arbeitnehmer- und Umweltschutzes. In: Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte (Hrsg). Informationen zur Umweltpolitik. Nr. 95. Wien. 1993.
- Savage G.M. et al.: Comparative Study of Seven Air Classifiers. In: Handbook of Solid Waste Properties. CalRecovery, Inc. & Governmental Advisory Associates, Inc., 1993.
- Schiemann, J.; Schmidt, K.: Alte Kühlgeräte entsorgen. In: Umwelt (24). Nr.1/2 1994.
- Schinol G.: Aufbereitung von Baustellenabfall und Bauschutt. In: Umsetzung neuer Abfallwirtschaftskonzepte, Gallenkemper, Doedens, Stegmann (Hrsg.), Münster, 1991.
- Schmidt, H.: Beeinflussung der Erfassung vom Bauabfällen über satzungsrechtliche Maßnahmen am Beispiel der Stadt München. In: Gallenkemper, Doedens, Stegmann (Hrsg.): Umsetzung neuer Abfallwirtschaftskonzepte. Fachhochschule Münster. 1991.
- TA Luft: Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27.2.1986. BRD.
- TA Siedlungsabfall: Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) vom 14. Mai 1993. Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. BRD.

TVA: Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990. Schweizer Bundesrat.

Trenn Verordnung: Verordnung über die Trennung von bei Bautätigkeiten anfallenden Materialien. (BGBl. Nr. 269/1991). Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie. Wien. 1991.

Wilbertz, J.; Deponieentlastung durch Aufbereitung von Bauschutt und Baustellenabfällen. In: Müll und Abfall 6/1985. Erich Schmitd Verlag. Berlin. 1985.

Winteler, S.; Lohse, J.: Gefährlicher Kreislauf. In: Müllmagazin (7). 1/1994. Institut für ökologisches Recycling (Hrsg.). Berlin. 1994.

Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.): Das betriebliche Abfallwirtschaftskonzept - Leitfaden. Informationen. Sondernummer VI. Wien. September 1993.