

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

„Die österreichische Regelung der Umweltverträglichkeit von mineralischen Recycling-Baustoffen im Tiefbau im Vergleich zu den Vorgaben der Europäischen Union bzw. einzelner europäischer Staaten“

„The Austrian regulation of the environmental compatibility of mineral
recycled building materials in road construction in comparison of the
guidelines in the European Union respectively
single European countries“

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. DDr.techn. Ulrich SCHNEIDER

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Heinrich BRUCKNER

E 206 - Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen von

Bernd Gernot KRONFUß
Matr.Nr.: 9526031
Landstraßer Hauptstraße 107/4/76, 1030 Wien

DIE ÖSTERREICHISCHE REGELUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHKEIT VON MINERALISCHEN RECYCLING-BAUSTOFFEN IM TIEFBAU IM VERGLEICH ZU DEN VORGABEN DER EUROPÄISCHEN UNION BZW. EINZELNER EUROPÄISCHER STAATEN

SYNOPSIS

1. Kapitel (Einleitung): Hier werden die Aufgabenstellung und die Ziele dieser Diplomarbeit umrissen.

2. Kapitel (*Grundlagen*): Beinhaltet Begriffsbestimmungen, eine kurze Übersicht über die Geschichte, Gegenwart und Zukunft des Baustoff-Recyclings sowie eine Gliederung der eingesetzten Baustoffe im Hoch- und Tiefbau.

3. Kapitel (*Recycling-Baustoffe im Tiefbau*): In diesem Kapitel werden Zusammenstellungen für die unterschiedlichen Methoden der Recyclierung im Tiefbau, das FIR-Überwachungskonzept, die Methoden der Feststellung der Mobilisierbarkeit von Schadstoffen, die Wertschöpfungsarten und die Massenbilanz angeführt.

4. Kapitel (*Österreichische Gesetze, technische Regelwerke und Vorschriften mit Einfluss auf die Baustoff-Recycling-Wirtschaft bzw. auf die Umweltverträglichkeitsparameter*): In diesem Kapitel werden die relevanten Regelwerke und Gesetze Österreichs mit Bezug auf Recycling-Baustoffe (gegliedert in Bundesgesetze und Verordnungen, Gesetze der Länder und Vereinbarungen, Normen bzw. weitere Regelwerke) angeführt.

5. Kapitel (*Ausgewählte europäische Vorschriften*): Dieses Kapitel behandelt, geordnet nach den Ländern (A, D, CH, I, NL, DK und europäische Vorgaben) jene Regelwerke, in denen die Umweltverträglichkeit von mineralischen Recycling-Baustoffen festgelegt wurde.

6. Kapitel (*Gegenüberstellung*): Hier werden die einzelnen Grenzwerte und Bestimmungen, der im Kapitel 4 und 5 erläuterten, insgesamt neununddreißig Regelwerke gegenübergestellt und das Ergebnis analysiert.

7. Kapitel (*Auswirkungen auf die Bauwirtschaft - Ein Ausblick*): Im abschließenden Kapitel werden die Auswirkungen der Umweltverträglichkeitsprüfungen auf die Bauwirtschaft (bei Ausschreibung, Vergabe, Kosten, Güteschutz und Bauablauf) erläutert sowie die Frage der Harmonisierung der Forderungen innerhalb Europas behandelt.

8. Kapitel (*Zusammenfassung*):

Dies ist die zusammengefasste Betrachtung der Diplomarbeit.

Wien, im März 2004

Bernd Gernot Kronfuß

**THE AUSTRIAN REGULATION OF THE ENVIRONMENTAL COMPATIBILITY OF MINERAL
RECYCLED BUILDING MATERIALS IN ROAD CONSTRUCTION
IN COMPARISON OF THE GUIDELINES IN THE EUROPEAN UNION
RESPECTIVELY SINGLE EUROPEAN COUNTRIES
SUMMARY**

1st Chapter (Introduction)

Chapter one introduces the set tasks and objectives of this Master's thesis.

2nd Chapter (Basics)

Chapter two gives an introduction in the theme "recycling" (expressions, history, latest developments in Austria)

3rd Chapter (Recycling material in civil engineering)

In this chapter compilations about the different kinds of recycling methods in civil engineering are mentioned, the FIR- control-concept, the methods to identify the mobilization of toxic agents, the kinds and mass of recycling.

4th Chapter (Austrian laws, technical prescriptions and regulations with reference to the recycling industry or the parameter of the environmental compatibility)

In this chapter the relevant Austrian regulations and laws with reference to the recycling materials (structured in federal laws and prescriptions, laws and agreements of the states, standards and other regulations) are mentioned.

5th Chapter (Selected European regulations)

The following chapter explains the different regulations of the environmental compatibility of mineral recycled building material in several states (A, D, CH, I, NL, DK) and the European Union.

6th Chapter (Comparison)

Here the limits and rules of the 39 regulations mentioned in chapter 4 and 5 are compared and the results were analyzed.

7th Chapter (Consequences for the construction industry - a view)

The final chapter shows the effects of the environmental compatibility for the building industry (tendering, award of contracts, costs, quality control and building progress) and the question of environmental compatibility harmonization in Europe.

8th Chapter (Conclusion)

This chapter includes the final view of the master's thesis.

D a n k s a g u n g

Zuerst gilt mein Dank Herrn o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. DDr.techn. Ulrich SCHNEIDER sowie Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Heinrich BRUCKNER, die es mir kurzfristig und unbürokratisch ermöglicht haben, meine Diplomarbeit und somit mein Studium zu beenden. Durch die Gestaltung ihrer Lehrveranstaltungen wurde meine Aufmerksamkeit auf die nähere Betrachtung der Baustoffe und ihrer Eigenschaften gelenkt.

Außerdem gilt mein Dank Herrn o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johann LITZKA, Dekan der Fakultät für Bauingenieurwesen und Professor am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung sowie Vorstandsmitglied im Österreichischen Güteschutz Verband Recycling-Baustoffe (GSV) und in der Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), der mein Interesse am Straßenbau geweckt hat und mich mit Unterlagen für diese Diplomarbeit unterstützt hat.

Weiters möchte ich mich bei meinem langjährigen Arbeitgeber, Herrn Univ.-Lektor Dipl.-Ing. Martin CAR, Geschäftsführer des Baustoff-Recycling Verbandes (BRV) sowie des GSV und Generalsekretär der Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV) bedanken, der stets ein offenes Ohr für meine Fragen hatte, mir den Themenbereich Recycling aber auch Verbandstätigkeit im allgemeinen nähergebracht hat und mir somit auch den Eintritt in das Berufsleben ermöglicht hat. Herr Dipl.-Ing. CAR hat mir durch die Zurverfügungstellung aller erhältlichen Unterlagen, der Bekanntgabe von Kontaktpersonen sowie seines Fachwissens tatkräftig bei der Fertigstellung der Arbeit geholfen.

Ein Dankeschön gilt auch meinen Eltern, allen meinen Verwandten, Bekannten und Studienkollegen, die mir durch ihre vielfältigen Unterstützungen dieses Studium erst ermöglicht haben.

Abschließend, jedoch am meisten möchte ich meiner Frau Constanze danken, die es durch Ihre ermunternden Worte und Ihrem Zureden immer wieder geschafft hat, dass ich das von uns beiden gewählte Studium vollenden konnte.

V o r w o r t

Bildung besteht nicht darin, „Altes zu verwerfen, um Neues zu ergründen“
oder „Neues abzulehnen, um Altes zu bewahren“.
Bildung soll vielmehr die Fähigkeit vermitteln, die genannten Alternativen
fruchtbringend miteinander verknüpfen zu können.

M. H. Resua

In den letzten fünf bis zehn Jahren werden immer öfter Begriffe wie Ressourcen-Schonung, ökologischer Fußabdruck, Nachhaltigkeit, Life-Cycle-Costs und Ökobilanzen verwendet. Kein größerer produzierender Betrieb kann mehr daran vorbeigehen, einen Nachhaltigkeitsbericht seines Unternehmens zu liefern. Einen wichtigen Anteil nimmt dabei immer die Recyclingfähigkeit des Produktes ein. Dies war nicht immer so. Früher wurde vieles produziert, das nach seiner Nutzungsdauer deponiert werden musste. Dabei wurden und werden hauptsächlich zwei Schutzgüter gefährdet: der Boden und das Wasser.

Das Jahr 2003 wurde als „Internationales Jahr des Wassers“ festgelegt. Dass gerade Österreich in Bezug auf das Thema Wasser viel zu bieten hat, liegt auf der Hand, wenn man betrachtet, dass Österreich eines der wenigen Länder weltweit ist, das für die Trinkwasserreserven nur sehr wenig Oberflächenwasser verwenden muss (50% Quellwasser, 49% Grundwasser, 1% Oberflächenwasser). Dies ist umso beeindruckender, wenn man bedenkt, dass von geschätzten 1,5 Mrd. km³ Wasser auf der Erde nur rund drei Prozent Süßwasser sind und von diesen wiederum nur rund 10 % ohne Aufbereitung als Trinkwasser geeignet sind [1].

Interessant ist auch, dass der Mensch zu rund $\frac{3}{4}$ aus Wasser besteht und somit auch nur drei Tage überlebt, sofern er keine Flüssigkeit zu sich nimmt, hingegen 30 Tage ohne Nahrungsaufnahme aushält [2].

Als abschließendes Beispiel ein Artikel aus der Presse [3]:

„Lachse verbreiten Umweltgift

Wenn Lachse zum Laichen die Flüsse Alaskas hinauf wandern, sind sie voll mit Umweltgiften, vor allem PCBs. Die haben sie sich im Meer angeeignet und akkumuliert: Ein Liter Meerwasser enthält 1 Nanogramm, ein Gramm Lachs fett 2.500. Lachse wandern zu Millionen – und am Ende sterben sie und verwesen. Das bringt immer schon Nährstoffe für den Nachwuchs in Flüsse und Seen, nun bringt es auch Gift: Pro Million

Lachse 160 Gramm, das ist so viel wie der Jahresausstoß aller Sondermüll-Verbrennungsanlagen."

Dies alles zeigt, wie wichtig es ist, das Wasser und den Boden vor Schadstoffen zu schützen. Auch im Bauwesen kann dazu einiges beigetragen werden:

Vom Planer über den Auftraggeber, von der Angebotskalkulation bis zur Durchführung von Abbruchvorhaben ist der vorrangige Gedanke der Verwertung vor Entsorgung einzubeziehen. Der Planer von Bauvorhaben kann durch geeignete Materialwahl, Massenausgleich innerhalb der Baustelle, Einsatz von umweltfreundlich produzierten Produkten und Recycling-Baustoffen die ökologische Verträglichkeit von Bauvorhaben beeinflussen.

Der Auftraggeber kann durch geeignete Ausschreibungsbedingungen den Einsatz von umweltfreundlichen Bauweisen und Baustoffen fördern.

Der Umgang mit Baurestmassen und Bauabfällen kann durch Schulung der Mitarbeiter von Bauunternehmungen, Beratung durch den Abfallbeauftragten der Unternehmung sowie geeignete Organisation nicht nur beeinflusst werden, sondern auch die Kosten- seite stark reduzieren. Richtlinien und weitere technische Standards (RVS, LB-HB, LB-Straße, etc.) regeln die Qualität und den Einsatzbereich von Recycling-Baustoffen.

Durch Verwertung können Deponiekosten und teilweise auch Transporte eingespart werden.

Dies alles ist jedoch nur dann umsetzbar, wenn sich der jeweilige Anwender sicher sein kann, dass ein qualitativ hochwertiger und die Umwelt so wenig wie möglich belastender Baustoff zum Einsatz kommt. Um sich darauf verlassen zu können, wurden in einzelnen europäischen Ländern Regelwerke erstellt, die sowohl bautechnische als auch umwelttechnische Prüfungen und Grenzwerte für Recycling-Baustoffe vorgeben.

Die bautechnischen Eingrenzungen sind rasch gefunden, da hier oft schon von den Primärbaustoffen die Forderungen bekannt sind und somit weitestgehend übernommen werden können. Bei den umwelttechnischen Vorgaben ist dies schwierig, da die mineralischen Baurestmassen in den letzten Jahrzehnten ohne Ausnutzung ihrer Wiederverwendbarkeit entsorgt wurden und somit auch heute noch dem Begriff und der Gesetzgebung hinsichtlich „Abfall" unterliegen.

Auch heute noch ist die Akzeptanz gering, dass aufbereitete Baurestmassen kein Abfall mehr sind, „dessen sich jemand entledigen möchte", sondern hochwertiger Baustoff, der zusätzlich einen Beitrag zur Verringerung des Deponievolumens leistet.

Dies hat zur Folge, dass an Sekundärbaustoffe in den meisten Fällen weit höhere umwelttechnische Anforderungen gestellt werden.

In dieser Arbeit wird versucht, einen Überblick über die umwelttechnischen Anforderungen in den einzelnen europäischen Ländern zu liefern, sie kritisch zu hinterfragen und im Speziellen, um aufzuzeigen, ob die aktuelle Richtlinie des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes (BRV) [4] diesbezüglich zukunftsweisend ist.

INHALTSVERZEICHNIS

<u>1</u>	<u>EINLEITUNG</u>	<u>4</u>
<u>2</u>	<u>GRUNDLAGEN</u>	<u>6</u>
2.1	Begriffsbestimmungen	6
2.2	Geschichte des Baustoff-Recycling	12
2.3	Gegenwart und Zukunft	14
2.4	Recycling im Hoch- und Tiefbau	15
<u>3</u>	<u>RECYCLING-BAUSTOFFE IM TIEFBAU</u>	<u>22</u>
3.1	Einteilung der Recycling-Methoden im Tiefbau	22
3.2	Überwachung von Recycling-Baustoffen	32
3.3	Wertschöpfungsarten	42
3.4	Massenbilanz – Stoffkreislauf	42
<u>4</u>	<u>ÖSTERREICHISCHE GESETZE, TECHNISCHE REGELWERKE UND VORSCHRIFTEN MIT EINFLUSS AUF DIE BAUSTOFF-RECYCLING-WIRTSCHAFT BZW. AUF DIE UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPARAMETER</u>	<u>44</u>
4.1	Bundesgesetze und Verordnungen	44
4.2	Gesetze der Länder	54
4.3	Normen	56
4.4	Weitere Regelwerke	59
<u>5</u>	<u>AUSGEWÄHLTE EUROPÄISCHE VORSCHRIFTEN</u>	<u>71</u>
5.1	Österreich	73
5.2	Deutschland	78
5.3	Schweiz	84
5.4	Italien/Südtirol	88
5.5	Niederlande	89
5.6	Dänemark	91
5.7	Europäische Vorgaben	92

<u>6</u>	<u>GEGENÜBERSTELLUNG</u>	<u>95</u>
6.1	Allgemeines	95
6.2	Die Vergleiche im Detail	96
<u>7</u>	<u>AUSWIRKUNGEN DER RECYCLING-BAUSTOFFE UND DEREN PRÜFUNGEN AUF DIE BAUWIRTSCHAFT - EIN AUSBLICK</u>	<u>107</u>
7.1	Europaweite Vereinheitlichung	107
7.2	Die 5. Auflage der österreichischen Richtlinie im Vergleich	108
7.3	Baurelevante Auswirkungen der neuen Regelungen auf den österreichischen Tiefbau	108
<u>8</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>113</u>
<u>9</u>	<u>VERZEICHNISSE</u>	<u>115</u>
9.1	Literaturverzeichnis	115
9.2	Abbildungsverzeichnis	121
9.3	Tabellenverzeichnis	122
<u>10</u>	<u>ANHANG (TABELLEN UND ABBILDUNGEN)</u>	<u>123</u>

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:

AISAG	Altlastensanierungsgesetz, BGBl. Nr. 299/1989
Anm.	Anmerkung des Verfassers
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl. 1990/325
BGBL.	Bundesgesetzblatt
BMLFUW	Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BMWA	Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
BRV	Österreichischer Baustoff-Recycling Verband
FIR	Fédération Internationale du Recyclage (Internationaler Baustoff-Recycling Verband)
FSV	Forschungsgemeinschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen
GSV	Österreichischer Güteschutzverband Recycling-Baustoffe
i.d.g.F.	in der geltenden Fassung
LB-HB	Standardisierte Leistungsbeschreibung für den Hochbau
LB-Straße	Standardisierte Leistungsbeschreibung für Straßenbauten
ÖNORM	Österreichische Norm
u.a.	und andere
UBA	Umweltbundesamt
RBB	Recycling-Börse Bau
RVS	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau

1 EINLEITUNG

Vor dreizehn Jahren fanden sich 14 Recycling-Firmen zusammen und gründeten den Österreichischen Baustoff-Recycling Verband (BRV) [24]. Dieser entwickelte sich bis zum heutigen Tag zur einzigen bundesweiten Vertretung des Baustoff-Recyclingsektors in Österreich. Er ist ein freiwilliger Zusammenschluss aller im Bauwesen und am Baustoff-Recycling interessierten Unternehmen sowie der gesetzlichen Interessensvertretungen.

Dieser Verband gibt Richtlinien für die Recyclierung von mineralischen Baustoffen heraus. In diesen ist sowohl die Überprüfung der technischen Eignung (z.B. Frostbeständigkeit, Korngrößenverteilung, etc.) eines Recycling-Baustoffes als auch die Umweltverträglichkeit des Selben geregelt.

In Österreich gibt es für Recycling-Baustoffe keinerlei spezifische Gesetze oder ÖNORMen bezüglich der Umweltverträglichkeit, sondern nur dieses bundesweit anerkannte Regelwerk. Die in diesem Regelwerk angegebenen Grenzwerte wurden bisher auf Basis der ÖNORM S 2072 festgelegt. Versuche einer Umgestaltung dieser Norm 1997 sind gescheitert und so wurde sie im Jahre 2002 ersatzlos zurückgezogen.

Um jedoch nicht zu riskieren, dass eine im Alleingang vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband erzeugte etwaige Neudefinition der Umweltverträglichkeitskriterien vereinzelt oder überhaupt bundesweit auf Ablehnung stößt, wurden Gespräche mit den Behörden aufgenommen. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) beauftragte daraufhin im Jänner 2001 das Umweltbundesamt (UBA) mit einem Forschungsvorhaben, in dem innerhalb von fast zwei Jahren in Kooperation mit der Recycling-Wirtschaft eine neue Umweltverträglichkeitsregelung geschaffen wurde. Dies geschah durch Literaturrecherche und zahlreiche Analysen an Primär- und Sekundärbaustoffen [26].

Weiters wird derzeit in vielen Bereichen der Rechtssprechung, der Wirtschaft und der Technik davon gesprochen, dass Europa zusammenwächst und dass deswegen auch in vielen Belangen eine Harmonisierung forciert werden muss. Gesetze werden vereinheitlicht, Vorgaben und Normen werden aufeinander abgestimmt. Für dieses Zusammenwachsen ist viel Vorarbeit notwendig. Der erste Schritt dabei ist immer eine Erhebung der vorhandenen Regelungen.

Diese Diplomarbeit widmet sich dem Problem der Festlegung, wie die „Umweltverträglichkeit“ von mineralischen Recycling-Baustoffen, die im Tiefbau, im Speziellen im Straßenbau, eingesetzt werden, definiert werden kann und wie es in den einzelnen europäischen Staaten bisher umgesetzt wurde.

Ziel dieser Diplomarbeit ist eine Untersuchung über Grenzwerte für Umweltverträglichkeitsprüfungen bei mineralischen Recycling-Baustoffen an ausgewählten Beispielen in Europa im Vergleich zu den österreichischen Vorschriften.

Es soll durch den Vergleich mit den Vorgaben der einzelnen Länder aufgezeigt werden, wo bei den Grenzwerten Übereinstimmung oder Differenzen herrschen, welche Parameter bei den unterschiedlichen Regelwerken untersucht werden, aber auch, welche Meßmethoden und Maßeinheiten Anwendung finden. Außerdem soll gezeigt werden, ob auf Basis der derzeitigen Werte eine europäische Harmonisierung möglich wäre.

Nicht eingegangen wird im Rahmen dieser Arbeit auf Umweltmanagementsysteme (ISO 14 000 - Reihe) oder die Umweltverträglichkeitsprüfungen von Bauprojekten, aber auch nicht auf das Recycling von industriellen Abfällen, Holz oder Kunststoffen, die geforderten bautechnischen Eigenschaften von mineralischen Recycling-Baustoffen in den jeweiligen Regelwerken sowie auf die chemischen Auswirkungen der einzelnen geforderten Parameter.

Es soll vielmehr durch den Vergleich mit anderen europäischen Ländern festgestellt werden, wie weit die Definition der Umweltverträglichkeit für Recycling-Baustoffe laut der 5. Auflage der Richtlinie für Recycling-Baustoffe [4], herausgegeben vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband (BRV) mit denen der anderen Länder harmonisiert bzw. wo es Unterschiede gibt. Dazu werden die einzelnen Parameter in Tabellenform und Diagrammen gegenübergestellt.

Abschließend soll durch diese Diplomarbeit festgestellt werden, wie sich die Neudefinition der Umweltverträglichkeit, aber auch andere Neuansforderungen (z.B. die Einführung des ÜA-Zeichens) auf die Ausschreibung, die Kosten und Arbeitsweise im Tiefbau niederschlägt.

2 GRUNDLAGEN

In diesem Kapitel werden wesentliche Begriffe, die in der Arbeit verwendet werden, erklärt, die Geschichte des Baustoff-Recyclings beleuchtet und die derzeit wichtigsten Einsatzbereiche der Recycling-Baustoffe erläutert.

2.1 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Umwelt

Früher war „Umwelt“ vor allem die Bezeichnung für das umgebende Land, später wurde damit das Milieu bezeichnet. Im biologischen Sinne wurde "Umwelt" erstmals 1909 vom deutschen Biologen *J. v. Uexküll* (1864 – 1944) verwendet. Daraus resultieren gemäß *Duden* [13] zwei Bedeutungen:

- Auf ein Lebewesen einwirkende, seine Lebensbedingungen beeinflussende Umgebung.
- Menschen in jemanden seiner Umgebung, mit denen jemand Kontakt hat, bzw. in einer Wechselbeziehung steht.

Im Rahmen der Arbeit wird die erste Definition verwendet.

Umweltverträglichkeit

Nach dem *Duden* [13] definiert man „Umweltverträglichkeit“ als: „die natürliche Umwelt nicht belastend“.

Für eine wirtschaftliche Tätigkeit bedeutet dies, die Umwelt im geringst notwendigen Rahmen bzw. innerhalb gewisser zulässiger Grenzbestimmungen zu belasten. Es darf dabei keine unvertretbaren Umweltbeeinträchtigungen geben. Die Festlegung der Anforderungen an die Recycling-Baustoffe muss unter der Prämisse erfolgen, dass eine mehrmalige Verwendung in Betracht kommt. Wenn man diese Forderung nicht berücksichtigt, also eine weitere Verwendung aus ökologischen Gründen ausgeschlossen werden muss, verschiebt man lediglich die Probleme zeitlich, ohne sie zu lösen.

Bei näherer Betrachtung, welche Teile der Umwelt durch den Einsatz von mineralischen Recycling-Baustoffen belastet werden können, ist erkennbar, dass es sich dabei in erster Linie um die Schutzgüter Boden und Wasser handelt. Alle weiteren Schutzgüter sind nur indirekt über den Kontakt erstgenannter gefährdet.

Dementsprechend sinnvoll erscheint es, die Grenzwerte der Parameter an jene bereits bestehender für Boden und Wasser anzugleichen. Aus demselben Grund kommt es auch zu der Verwendung anders lautender Begriffe für Umweltverträglichkeit.

In manchen Regelwerken wird keine „Umweltverträglichkeit“ angeführt, sondern die „wasserwirtschaftlichen Merkmale“ bzw. „bodenkundliche Merkmale“. Da das Wasser für die Auswaschung der Schadstoffe verantwortlich ist, sind die entsprechenden Grenzwerte hauptsächlich auf die jeweils landesweit gültigen Grenzwerte für Trinkwasser- bzw. Bodenschutz-Regelwerke oder aus entsprechenden Deponieverordnungen ausgerichtet.

Bei Gesprächen mit Fachleuten aus dem In- und Ausland während der Erstellung dieser Arbeit war festzustellen, dass die meisten bei der Nennung des Diplomarbeitsthemas an die Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) für große Bauvorhaben, Ökobilanzierungen gemäß ISO 14 040 oder ähnliches dachten. Der in den österreichischen Regelwerken verwendete Begriff der "Umweltverträglichkeit" ist somit für Außenstehende irreführend und sollte eventuell an oben erwähnte Begriffe angepasst werden.

Abbruch

Abbruch ist das Zerlegen von Bauteilen unter Anwendung der in der ÖNORM B 2251 [98] angeführten Abbruchmethoden.

Abbruch kann unterschieden werden in:

- Abbruch ohne Berücksichtigung der Trennung und somit der möglichen Wiederverwendung und/oder (Wieder-)Verwertung der Bauwerksteile bzw. Stoffe (=Demolierung)
- Abbruch mit Berücksichtigung der Trennung und somit der Wiederverwendung und/oder (Wieder-)Verwertung der Bauwerksteile bzw. Materialien (=Rückbau bzw. Demontage)

Geregelt werden die entsprechenden Vorgangsweisen in der Werkvertragsnorm ÖNORM B 2251 [98].

Demolierung

Demolierung ist die konventionelle Zerkleinerung eines Bauwerkes, wobei Bauwerksteile großvolumig eingeschlagen, eingestürzt oder abgetragen und anschließend abtransportiert werden. Ziel der Demolierung ist eine möglichst rasche Entfernung des Bauwerkes bei geringem Aufwand an der Errichtungsstelle. Diese Methode kommt in der heutigen Zeit jedoch meist nicht mehr zum Einsatz, da das Material, sofern eine Trennung der einzelnen Fraktionen im Nachhinein aufgrund eines zu großem Ar-

beitsaufwands als nicht sinnvoll erscheint, nur deponiert werden kann und somit sehr hohe ALSAG-Beiträge anfallen (siehe 4.1.5).

Rückbau bzw. Demontage

Demontage bzw. Rückbau ist das Auseinandernehmen von Konstruktionsteilen durch Lösen der Verbindungen oder Abtrennen von Teilen, das heißt ein Abbruch mit besonderer Berücksichtigung der Trennung nach Stoffen [98].

Beim selektiven Rückbau eines Bauwerkes werden die anfallenden Baurestmassen entsprechend ihres stofflichen Charakters bereits auf der Baustelle getrennt ausgebaut, gesammelt und gelagert. Trotz des teilweise sehr hohen Arbeitsaufwandes (dies betrifft jedoch eher den Hochbau) können in den allermeisten Fällen die Kosten aufgrund weit geringerer Abfallmengen und somit geringerer Abgabe-Beiträge reduziert werden.

Abfall

Abfall im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes 2002 § 2. (1) [14] sind bewegliche Sachen, die unter die in Anhang 1 des Abfallwirtschaftsgesetzes angeführten Gruppen fallen und

- deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat (subjektiver Abfallbegriff) oder
- deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3, AWG) nicht zu beeinträchtigen (objektiver Abfallbegriff).

Gerade die erste Definition mittels „Entledigungsabsicht“ (in der Gesetzgebung der anderen untersuchten Ländern bestehen größtenteils ähnliche Definitionen) macht es der Recycling-Branche extrem schwer, die von ihnen behandelten Baurestmassen als neues Produkt darzustellen.

Recycling

Unter „Recycling“ wird der nochmalige Einsatz bereits einmal bzw. öfter verarbeiteter Rohstoffe verstanden. Es können dabei zwei Arten unterschieden werden:

- Produktrecycling = Wiederverwendung
- Stoffrecycling = (Wieder-)Verwertung

Der Unterschied lässt sich auch durch die Abbildung des Lebenszykluses eines Bauproduktes gemäß *Schneider und Bruckner* [15] leicht erklären:

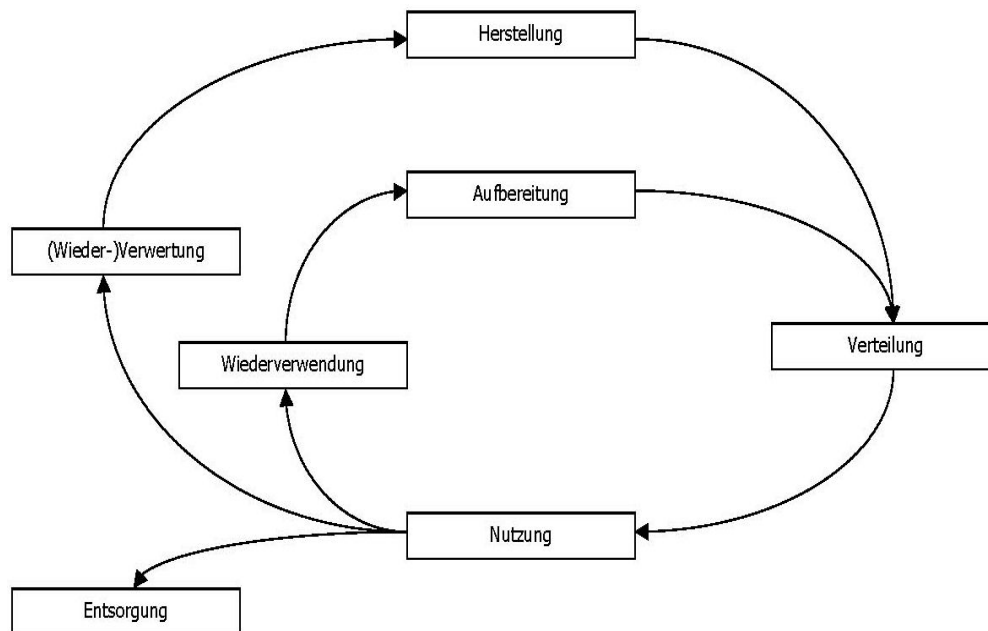


Abbildung 2-1 Lebenszyklus eines Bauproduktes [15]

Wiederverwendung

Werden Baustoffe, Bauelemente oder Bauwerksteile durch eine schonende Demontage zurückgewonnen und in ihrer ursprünglichen Form entweder zum gleichen oder einem veränderten Nutzungszweck eingesetzt, wird dieser Vorgang als Produktrecycling bzw. Wiederverwendung bezeichnet [16]. So ist dies beispielsweise in großem Umfang bei den Ziegeln beim Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg der Fall gewesen; es kam dabei zu keiner Veränderung oder Aufbereitung (abgesehen von der Reinigung).

(Wieder-)Verwertung

Werden Reste von Baustoffen, Bauelementen oder Bauwerksteile stofflich voneinander getrennt gesammelt, entsprechend aufbereitet und zur Herstellung neuer Baumaterialien und Produkte benutzt, wird dieser Vorgang als Verwertung bezeichnet. Falls dies mit Stoffen geschieht, die schon einmal früher recycelt wurden, so spricht man von Wiederverwertung.

Baurestmassen

Als Baurestmassen werden all jene Abfälle bezeichnet, die im Bauwesen anfallen. Sie werden in vier Gruppen unterteilt (vgl. Abbildung 2-2) [18]:

- Bodenaushub
- Straßenaufbruch
- Bauschutt
- Baustellenabfälle.

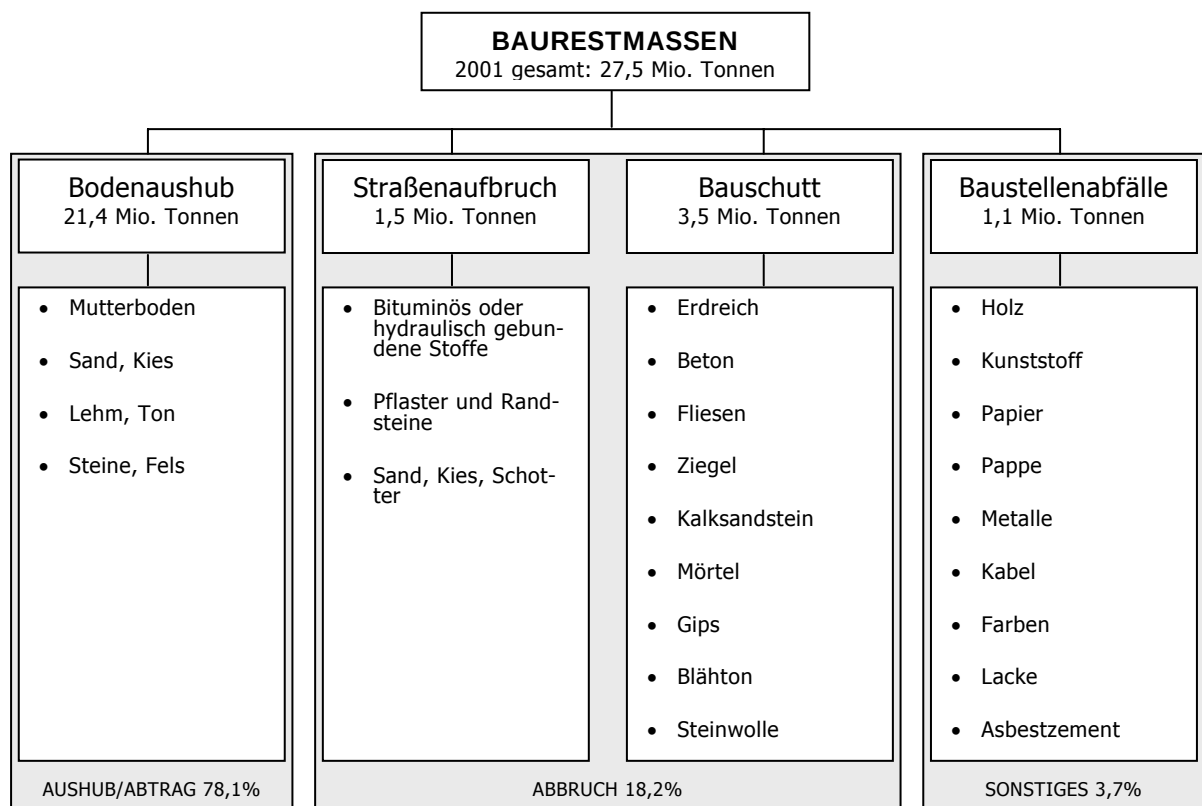


Abbildung 2-2 Zusammensetzung der anfallenden Baurestmassen, ergänzt um das entsprechende Abfallaufkommen 2001 [18]

Mineralischer Primärbaustoff

Unter mineralischen Primärbaustoffen werden mineralische Materialien verstanden, die erstmalig für die Errichtung eines Bauwerkes zum Einsatz kommen.

Mineralischer Sekundärbaustoff, mineralischer Recycling-Baustoff

Unter mineralischen Sekundärbaustoffen bzw. Recycling-Baustoffen werden mineralische Materialien verstanden, die für die Errichtung eines Bauwerkes wiederverwendet/(wieder-)verwertet werden.

Straßenbau

Der Begriff Straßenbau umfasst all jene Tätigkeiten, die bei der Errichtung bzw. Erneuerung oder Erweiterung einer Straße notwendig sind.

Straßen sind Tiefbauten, die dem Verkehr von Kraftfahrzeugen, Fußgängern und Radfahrern dienen. Dazu zählen zum Beispiel Autobahnen, Fernstraßen, Landes- und Gemeindestraßen, land- und forstwirtschaftliche Wege, Radwege, Fußwege, Kreisverkehre, Straßentunnel und Parkplätze.

Nachhaltigkeit

Unter nachhaltiger Entwicklung versteht man eine dauerhafte Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen [19].

2.2 GESCHICHTE DES BAUSTOFF-RECYCLING

Der Gedanke, aus altem Baustoff-Material wieder neue, brauchbare Produkte herzustellen und somit das Wiederverwenden von bereits eingesetzten Baustoffen lässt sich bis zum Beginn der Bautätigkeit der Menschheit zurückverfolgen. Schon immer wurden einzelne Bauteile eines alten Gebäudes entnommen und beim Bau eines neuen wiederverwendet. So etwa nachweislich in Ägypten (1356 baute Sultan Hasan in Kairo eine Moschee aus den polierten Kalksteinen des Pyramidenmantels [21]), aber auch nachvollziehbar bei Kirchen (Zerstörung heidnischer Bauwerke zum Aufbau eigener Bauten [22]) und Schlössern.

Auch nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Ziegelsteine der durch Bomben zerstörten Häuser zum Bau neuer Bauwerke durch die Trümmerfrauen vom anhaftenden Mörtel gesäubert, für den Wiederaufbau gesammelt, erneut verwendet und somit recycelt.

Geschah diese Recyclierung früher noch aus rein ökonomischen Gründen, da die Neuherstellung kosten- und arbeitsaufwendiger war als das Wiederverwenden, so wird heute der Recycling-Gedanke vor allem aus ökologischen Aspekten forciert, um primär Ressourcen zu schonen und Deponieraum zu sparen. Leider wird dieser Gedanke meist nur so lange vertreten und weiterverfolgt, solange der Recycling-Baustoff nicht mehr kostet als der Primärbaustoff.

In den Auflistungen der jeweiligen Abfall- und Reststoffaufkommen der im Rahmen der Arbeit untersuchten Länder stellen die Baureststoffe gewichtsmäßig in der Regel immer einen Anteil zwischen 50% und 80% dar (den größten Anteil dabei macht jeweils der Bodenaushub aus). Dementsprechend ist es wichtig, gerade in diesem Bereich mit neuen Gedanken entgegenzusteuern.

In Österreich werden abfallrelevante Daten im Bundesabfallwirtschaftsplan [23] zusammengefasst. Dieser erscheint seit 1995 alle drei Jahre und listet die Baurestmassen (ohne Bodenaushub) und den Straßenaufbruch folgendermaßen auf (Tabelle 2-1):

Tabelle 2-1 Baurestmassen und Straßenaufbruch pro Jahr lt. BAWP [23]

Jahr	Baurestmassen (ohne Bodenaushub)	Straßenaufbruch	
1995	6.516.505 t	1.830.000 t	28,08%
1998	6.403.000 t	1.700.000 t	26,55%
2001	7.503.000 t	1.500.000 t	19,99%

Dabei ist zu entnehmen, dass der Straßenaufbruch rund ein Viertel der Baurestmassen (Hoch- und Tiefbau) ausmacht [12].

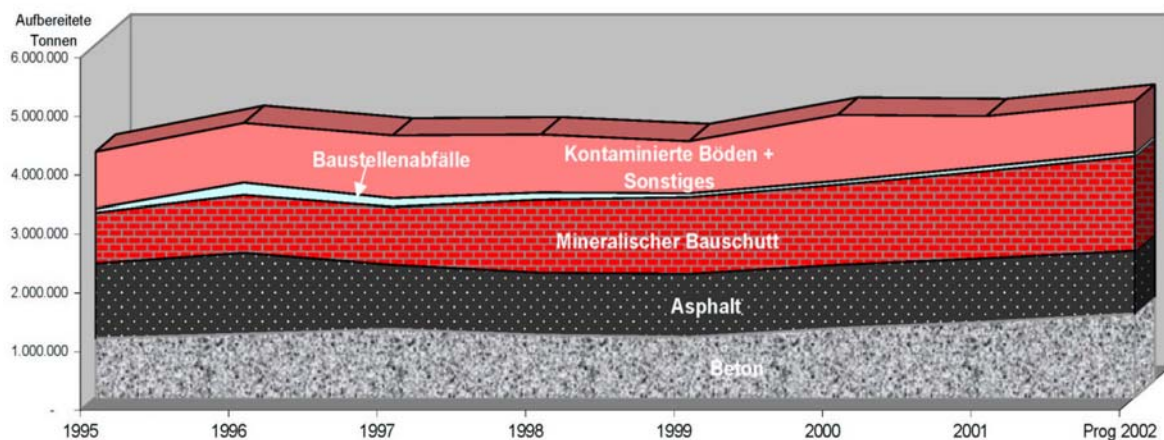
Das Recycling der Baustoffe des Straßenbaus ist im Vergleich zu anderen Bausparten (wie beispielsweise dem Hochbau) am weitesten fortgeschritten. Aussagen darüber geben die Zahlen der Verwertungsquoten (meist über 80 Prozent, ersichtlich in Kapitel 5 bei den jeweiligen Länderangaben).

In Österreich war der Beginn der Recycling-Wirtschaft im Wesentlichen durch eine typisch österreichische Lösung in Form einer freiwilligen Vereinbarung zwischen dem Umweltministerium und der Bauindustrie gekennzeichnet [29]. Der Inhalt dieser freiwilligen Vereinbarung (siehe 4.2) war, dass die Bauindustrie die erforderlichen Aufbereitungskapazitäten schafft, während das Umweltministerium in allen hoheitlichen und privatwirtschaftlichen Bereichen dafür sorgt, dass die Recycling-Produkte eingesetzt und vermarktet werden können. Die Bauwirtschaft konnte die notwendigen Kapazitäten in nur drei Jahren schaffen; derzeit stehen Maschinen zur Verfügung, die in der Lage sind, mehr als 5,5 Millionen Tonnen pro Jahr zu verarbeiten. Das sind immerhin etwa zehn Prozent mehr als die geschätzten verwertbaren Baurestmassen [24].

Durch den 1991 geschaffenen Güteschutzverband Recycling-Baustoffe wurde es anhand der damals - binnen eines halben Jahres - erstellten und mit den Behörden abgestimmten "vorläufigen Richtlinien für Recycling-Baustoffe" möglich, dem Bauherrn qualitätsgeprüfte Baumaterialien anzubieten.

Innerhalb von dreizehn Jahren ist es gelungen, mehr als 80 Prozent der anfallenden Baurestmassen einem Recycling und damit einer Kreislaufwirtschaft zuzuführen.

Baustoff-Recycling 1995 - 2001 in Österreich



Quelle: Hochrechnung des Baustoff-Recycling Verband; mittels Anlagen von Mitgliedsbetrieben recycelte Masse in Tonnen

Abbildung 2-3 Baustoff-Recycling-Massen in Österreich [24]

Einen weiteren wesentlichen Beitrag in der Geschichte des Baustoff-Recyclings liefert der Internationale Baustoff-Recycling Verband [25]. Die Fédération Internationale du Recyclage (FIR) wurde 1990 (im selben Jahr wurde auch der österreichische Baustoff-Recycling Verband gegründet) von den nationalen Recycling-Verbänden aus Deutschland, der Schweiz und Österreich gegründet. Sie beschlossen, ihre Kräfte im Bereich der Förderung des Recyclings von Bau- und Abbruchabfällen zu bündeln. Eine wichtige Zielsetzung bestand darin, Einfluss auf die Richtlinien und Vorschriften der Europäischen Kommission zu erlangen. Im Lauf der Zeit sahen immer mehr nationale Recyclingverbände ein, wie wichtig eine internationale Zusammenarbeit in diesem Bereich ist. So schlossen sich die (nord-) italienischen, niederländischen und spanischen Verbände ebenso wie der tschechische Verband der FIR an. Die FIR entwickelte sich mit der Zeit zu einem starken Verbund von Organisation und Betrieben. Heute zählt die FIR sieben nationale Verbände und 14 Einzelbetriebe aus verschiedenen Ländern zu seinen Mitgliedern. Die FIR hat ihren Sitz in Houten, Niederlande.

2.3 GEGENWART UND ZUKUNFT

Das Management von Bau- und Abbruchabfällen ist längst kein Thema von rein nationaler Bedeutung mehr. Nachhaltige Entwicklung ist vielmehr im Interesse sämtlicher Bürger der Europäischen Union. Die Entwicklung des Binnenmarktes und die fortschreitende Integration von Ökonomie und Ökologie zeigen, dass auch die Vertretung von Interessen auf internationaler Ebene geschehen muss.

Eine der wichtigsten Zielsetzungen der FIR besteht darin, sich auf europäischer Ebene für die Interessen der FIR-Mitgliedschaft einzusetzen. So fördert die heutige Gesetzgebung Europas das Recycling von Bau- und Abbruchschutt nur unzureichend. Dies gilt es zu verändern, zumal der Ausbau des Recyclings sehr wohl zu den erklärten Zielen der Union gehört.

Für eine künftig europäische Recyclingwirtschaft ist eine einheitliche klare Bestimmung wichtig, wann die aufzubereitenden mineralischen Baurestmassen ihre Abfalleigenschaften verlieren. Ist es in den Niederlanden mittlerweile selbstverständlich, möglichst große Mengen aufzubereiten und wieder zu verwenden, ohne die Mengen jemals als Abfall zu definieren, so hat diese Vorgangsweise beispielsweise in Deutschland und Österreich noch nicht Fuß gefasst.

Hier wird es notwendig sein, festzusetzen, dass, wenn Material einer qualitätsorientierten Behandlung in einer Recyclinganlage zugeführt wird und daraus ein Produkt mit definierten Merkmalen entsteht, dieses nicht dem Abfallwirtschaftsgesetz unterliegt.

Seit etwa einer Generation entstehen Bauwerke, bei denen zunehmend neue Verbundstoffe verwendet werden. Es besteht die Befürchtung, sie nur schwer recyceln zu können. Auftraggeber und Planer trifft hier große Verantwortung sich künftig darum zu bemühen, dass Bauwerke so konstruiert werden, dass die verwendeten Materialien einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden können.

2.4 RECYCLING IM HOCH- UND TIEFBAU

2.4.1 Recycling-Material - Baustoff oder Abfall?

Ein Problem mit dem die Recycling-Wirtschaft von Anfang an zu kämpfen hatte, war und ist der Abfallbegriff. Das beginnt bei Einzelmeinungen der Konsumenten bzw. Auftraggeber und endet bei den anzuwendenden Gesetzen (AISAG, AWG, etc.). Die geltenden Regelwerke bewirken eine erschwerte Anwendung von Recycling-Baustoffen gegenüber Primärprodukten, da Recycling-Baustoffe weitaus genauer und in größerem Umfang bzw. mit strengeren Kriterien geprüft werden (siehe auch 7.3.4).

Nicht jeder Recycling-Baustoff ist aus Material, dessen sich jemand entledigen will! So wird beispielsweise Asphaltgranulat, das mittels Fräse von der Fahrbahnoberfläche entnommen wurde und durch eine mobile Aufbereitungsanlage vor Ort aufbereitet wird, gleich wieder beim neuen Aufbau eingesetzt. Es wechselt dabei gegebenenfalls nicht einmal den Besitzer, niemand will es loswerden (ganz im Gegenteil, es ist kostengünstiger als der Neukauf) und die bautechnischen Eigenschaften sind oft auch noch besser (z.B. bereits anhaftendes Bitumen vorhanden).

In anderen Bereichen des Recycling-Sektors von Wertstoffen hat sich die Bevölkerung schon längst daran gewöhnt. So würde es niemanden einfallen, Pfandflaschen als Abfall zu bezeichnen, sondern sammelt sie ebenso wie Altpapier. In diesen Sparten hat der Umweltgedanke bereits weit besser Fuß gefasst. Der Grund dafür ist, dass man täglich damit zu tun hat und man sich durch ein entsprechend gefördertes Sammelsystem direkt vor der Haustür ohne größeren Aufwand seines Abfalls entledigen kann. Dies hat dafür gesorgt, dass die Recycling-Quoten in diesen Sparten schon seit Jahren über 85 Prozent liegen.

Im Bauwesen ist es jedoch leider oft so, dass, erklärt am Beispiel einer dreißigjährigen Asphaltdeckschicht, sich niemand Gedanken oder Sorgen macht, dass es sich dabei eventuell um eine „Liniendeponie“ mit Schadstoffen handeln kann, solange sie unberührt im Aufbau verbleibt. Sobald diese nach ihrer Nutzungsdauer jedoch entfernt werden soll, wird oftmals angenommen, dass es sich dabei um gefährlichen Abfall handeln muss.

Es ist deshalb extrem wichtig, dass, auch wenn es im gesamten Bauwesen und den angegliederten Branchen eher unüblich ist, verstärkt in Werbung und Öffentlichkeitsarbeit investiert wird, damit in der Bevölkerung sich auch in Bezug auf das Bauwesen der Grundgedanke verankert: „Abfall ist Rohstoff am falschen Platz!“ [27].

2.4.2 Tiefbau

Der Tiefbau umfasst die Bereiche Brücken- und Tunnelbau, Eisenbahnoberbau, Kabel- und Rohrlegerei, den Bau von Wasserversorgungsanlagen, Sportanlagen und Flugplätzen. In fast allen dieser Bereiche ist der Einsatz von Recycling-Materialien möglich und sinnvoll. So kann Recycling-Material für Drainageschichten, Füllungen und Schüttungen herangezogen werden, aber auch Betonabbruch als Zuschlagstoff für die Betonproduktion.

Im Rahmen dieser Arbeit werden einerseits hydraulisch bzw. bituminös gebundenen Produkte (ohne Ziegelsplitt, Recycling-Sand oder Bodenaushubmaterial) und andererseits die ungebundenen Schichten des Straßenbaus behandelt. Dies deshalb, da in diesem Bereich derzeit der größte Markt für Recycling-Material vorhanden ist (vgl. auch Kapitel 3).

Nicht alle Baustoffe, die recycelt werden können, sind für den Einsatz im Tief- bzw. Straßenbau geeignet. In Österreich kommen Materialien entsprechend Tabelle 2-2 zum Einsatz [24]. Bei diesen Materialien findet die schon an früherer Stelle erwähnte Richtlinie des BRV Anwendung. Eine Übersicht der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten dieser Recycling-Baustoffe zeigt Tabelle 2-3.

Tabelle 2-2 Recycling-Baustoffe aus dem Tiefbau, die in Österreich wiederum im Tiefbau eingesetzt werden [24]

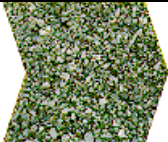
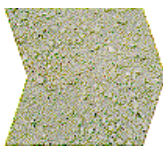
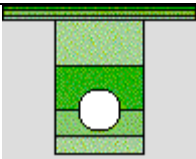
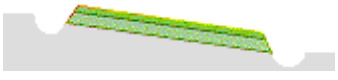
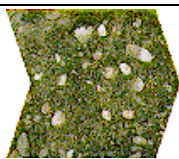
Asphaltaufbruch	RA	Qualitätsbaustoff für
Herkunft: Straßenbau	Recyliertes gebrochenes Asphaltgranulat (vorwiegend Asphalt)	ungebundene obere Tragschichten (Gräderschicht), ungebundene untere Tragschichten (Frostschuttschicht), gebundene Tragschichten, land- und forstwirtschaftlicher Wegebau, Rad- und Gehwegebau, Parkplatztragschichten, Zuschlagstoff für Asphaltproduktion
		
Betonaufbruch	RB	Qualitätsbaustoff für
Herkunft: Straßenbau, Brückenbau, Industriebau	Recyliertes gebrochenes Betongranulat (vorwiegend Beton)	ungebundene obere Tragschichten (Gräderschicht), ungebundene untere Tragschichten (Frostschuttschicht), zementgebundene und stabilisierte Tragschichten, Bankettschüttungen, land- und forstwirtschaftlicher Wegebau, Rad- und Gehwegebau, Unterbau für Pflasterungsarbeiten, Bodenstabilisierung, Zuschlagstoff für Betonproduktion, hochwertiges Künettenfüllmaterial, Drainageschichten
		
Asphalt-/Betonaufbruch	RAB	Qualitätsbaustoff für
Herkunft: Straßenbau, Parkplätze, Brückenbau	Recyliertes gebrochenes Asphalt-/Beton-Mischgranulat (Asphalt und Beton)	ungebundene obere Tragschichten (Gräderschicht), ungebundene untere Tragschichten (Frostschuttschicht), zementgebundene und stabilisierte Tragschichten, Bankettschüttungen, land- und forstwirtschaftlicher Wegebau, Rad- und Gehwegebau,
		
Mineralische Restmassen	RM	Qualitätsbaustoff für
Herkunft: Straßenbau	Recyliertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein	ungebundene obere Tragschichten (Gräderschicht), ungebundene untere Tragschichten (Frostschuttschicht), zementgebundene und stabilisierte Tragschichten, Bankettschüttungen, land- und forstwirtschaftlicher Wegebau, Rad- und Gehwegebau, Künettenfüllmaterial, Drainageschichten, Bodenstabilisierung
		

Tabelle 2-3 Anwendungsbereiche im Tiefbau [4]

Anwendung		Baustoff												Qualitätsklasse Umweltverträglichkeit		Standort		
Zuschlagstoff	Tragschicht	Güteklasse	RA			RB			RAB			RM						
			I	IIa	IIb	III	I	IIa	IIb	III	I	IIa	IIb	III				
Beton	bis C12/15, ohne bes. Eigenschaften	ÖN B 3304, ÖN B 4710-1	○	○			□	○		□				□			B hws	
		ab C12/15					○	○									hs hws	
	Asphalt	RVS 8S.01.11	□	○	○		□	○	○		□	○	○		□	○		hs hws
		RVS 8S.05.13	○	○	○		□	○	○		□	○	○		□	○		hs hws
obere Tragschicht	m.D.	zementgebunden	○*	○**			□	○		□	○			□	○		B hws	
			o.D.	□*	○**			□	○		□	○		□	○		hs hws	
	untere Tragschicht	m.D.	ungebunden					□	□					□	□		A hws	
				o.D.					□	□					□	□		hs hws
Schüttung	Schüttmaterial/ Künettenfüllmaterial	m.D.	□	□	□	○	□	□		□	□	○		□	□	○	B hws	
			o.D.	□	□	□	○	□	□		□	□	○		□	□	○	hs hws
	A+	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		

Legende zu Tabelle 2:

- = geeignet

□* = Recyclingbauweisen gemäß RVS 3.63

○ = Eignung ist nachzuweisen

○** = nur bei Einsatz gemäß RVS 8S.05.11
- m.D. = mit Deckschicht

o.D. = ohne Deckschicht

hs = hydrogeologisch sensiblen Gebiet

hws = hydrogeologisch wenig sensiblen Gebiet

Die Tabelle ist auf der linken Seite in drei Anwendungsbereiche gegliedert. In der Kopfzeile sind die handelsüblichen Abkürzungen der Baustoffe ersichtlich. Die angegebenen Güteklassen entsprechen der Einteilung der Baustoffe gemäß ihrer bautechnischen Eigenschaften und somit deren Einsatzgebieten. Weiters sind die einzuhaltenden weiterführenden Richtlinien angegeben. Rechts außen sind die jeweiligen mindestens erforderlichen Qualitätsklassen entsprechend den jeweiligen Einsatzgebieten. Die Einteilung, ob es sich bei dem Einsatzort um ein hydrogeologisch sensibles oder weniger sensibles Gebiet handelt, ist nach folgenden Gesichtspunkten zu beurteilen:

Ein hydrogeologisch weniger sensibles Gebiet liegt vor, wenn folgende Kriterien eingehalten werden:

- Vorhandensein und ausreichende Mächtigkeit gering durchlässiger Schichten oder
- ausreichender Grundwasserabstand.

Dementsprechend ist der Einsatz in Wasserschutzgebieten und im Grundwasserschwankungsbereich verboten.

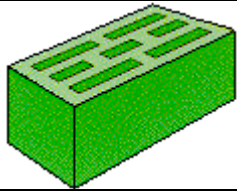
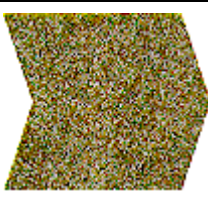
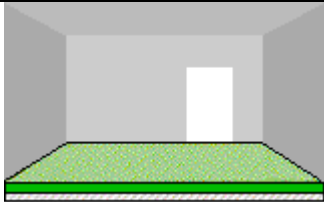
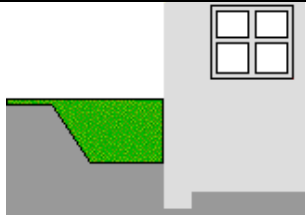
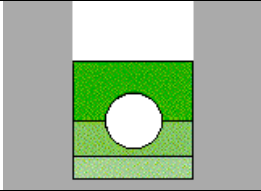
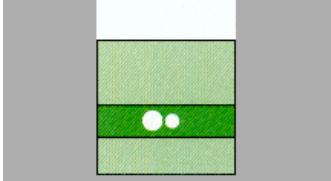
Der Einsatz von Recycling-Baustoffen der Qualitätsklasse A⁺ in Wasserschongebieten und Gebieten mit wasserwirtschaftlichen Rahmenverfügungen ist grundsätzlich zulässig.

2.4.3 Hochbau

Hochbauten sind Bauwerke, deren Hauptteile über dem Erdboden liegen. Die Errichtung der Bauwerke umfasst auch die dazugehörigen Fundierungsarbeiten. Zum Hochbau zählen der Wohnungsbau, der gewerbliche und industrielle Hochbau sowie der landwirtschaftliche Hochbau.

Die im Hochbau anfallenden recycelbaren mineralischen Recycling-Baustoffe sind in Tabelle 2-4 in einem Überblick dargestellt [24].

Tabelle 2-4 Recycling-Baustoffe, die in Österreich aus dem Hochbau kommend eingesetzt werden
[24]

Ziegelbruch Herkunft: Ziegelproduktion, Abbruch	RZ Recyclierter Ziegelsand, Recyclierter Ziegelsplitt, (vorwiegend Ziegel)	Qualitätsbaustoff für Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton und Leichtbeton, Stabilisierungen, Drainageschichten, Füllungen, Schüttungen
		
Hochbau-/Ziegelbruch Herkunft: Wohnbau und Hochbauabbruch	RHZ Recyclierter Hochbauziegelsand Recyclierter Hochbauziegelsplitt (Ziegel über 33%, mit z.B. Betonanteil)	Qualitätsbaustoff für Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton und Leichtbeton; Stabilisierungen, Füllungen, Schüttungen, Estriche
		
Hochbauabbruch Herkunft: Industriebauabbruch und allg. Hochbauabbruch	RH Recyclierter Hochbausand Recyclierter Hochbausplitt (Ziegel unter 33% mit z.B. Betonanteil)	Qualitätsbaustoff für stabilisierte Schüttungen, stabilisierte Künettenverfüllungen, Bauwerkshinterfüllungen, Sportplatzbau
		
Mineralische Hochbaurestmassen Herkunft: Industriebauabbruch und allg. Hochbauabbruch	RMH Mineralische Hochbaurestmassen (Beton, Ziegel, natürliches Gestein)	Qualitätsbaustoff für Künettenverfüllungen, Hinterfüllungen, Schüttungen, Sportplatzbau-Drainage
		
Recycling-Sand Herkunft: Industriebau- und allg. Hochbauabbruch	RS Recycling-Sand	Qualitätsbaustoff für die Bettung von Energie- und Fernmeldekabeln (Kabelsand) von Leitungsrohren, z.B. von Kanal-, Gas-, Wasserleitungsrohren sowie für weitere Infrastruktureinrichtungen
		

Bei Hochbauten ist das Spektrum der eingesetzten Baumaterialien ein weit größeres als jenes des Tiefbaues. Somit ist eine effiziente Recyclierung dieser Baustoffe nur dann möglich, wenn die Regeln eines geordneten Rückbaus beachtet werden. Dies bedeutet, dass ein Gebäude zuerst „entkernt“ werden muss (Ausbau der Tür- und Fensterstöcke, Abmontieren eventuell vorhandener Fassaden-Verschalungen, Entnahme aller Kabel, Dichtungen, Leitungen, etc.). Dies ist ein sehr aufwendiges Unterfangen und dementsprechend auch mit Kosten verbunden. Das Wegwerfen ohne eine Vorbehandlung wäre derzeit weit kostengünstiger. Diese Vorgangsweise wird jedoch bereits seit geraumer Zeit durch das Einheben von so genannten AISAG-Gebühren (siehe 4.1.5) behindert bzw. unterbunden.

Aus Sicht der Recycling-Wirtschaft ist der Hochbau-Markt für Recycling-Produkte eher von untergeordneter Bedeutung, da dem hohen Arbeitsaufwand nur relativ geringe einzelne sortenreine, recycelungsfähige mineralische Baustoffe gegenüberstehen. Es sind zwar Bestrebungen vorhanden, beispielsweise Mantelbetonsteine aus Recycling-Material herzustellen oder Baumsubstrate aus recyceltem Ziegelsplitt zu entwickeln, diese Produkte sind jedoch bis zum heutigen Tag eher als Nischenprodukte zu betrachten.

Bei den ebenfalls zum Hochbau zählenden Hinterfüllungen von Gebäuden ist ein weiteres Problem, dass die spezifischen Bestimmungen für das Hinterfüllen der diversen Hausanschlüsse den Einsatz von Recycling-Material teilweise definitiv ausschließen. So darf beispielsweise bei Kabeln in vielen Fällen kein recyceltes Material zum Einsatz kommen, da befürchtet wird, dass durch die gebrochenen Kanten die Isolierung beschädigt werden könnte.

Aufgrund des geringen Marktanteils wird in dieser Diplomarbeit der Anwendungsbereich Hochbau daher nicht näher beleuchtet.

3 RECYCLING-BAUSTOFFE IM TIEFBAU

In diesem Kapitel soll der Bereich Tiefbau näher betrachtet werden. Es werden die eingesetzten Recycling-Methoden für die unterschiedlichen Schichten erläutert; außerdem werden die Wertschöpfungsmethoden betrachtet und ein Überblick über die einzelnen Feststellungsmethoden von Schadstoffemissionen gegeben.

3.1 EINTEILUNG DER RECYCLING-METHODEN IM TIEFBAU

Diese Einteilung wurde den Studienunterlagen von *Litzka* [32] sowie der OECD-Studie [31] entnommen. Grundsätzlich können die Methoden gemäß der zu recycelnden Schichten unterschieden werden in:

- Methoden für ungebundene Schichten
- Methoden für hydraulisch gebundene Schichten – Beton
- Methoden für bituminös gebundene Schichten – Asphalt

3.1.1 Methoden für ungebundene Schichten

Die Wiederverwendung von ungebundenen Tragschichten stellt meist kein großes Problem dar. Die wesentliche Frage ist, ob das Material den gewünschten bautechnischen und umwelttechnischen Anforderungen entspricht oder nicht. Entspricht es, so kann es entweder im Aufbau verbleiben (nur die darüberliegenden Schichten werden erneuert) bzw. an einer anderen geeigneten Stelle wiederverwendet werden (z.B. bei Straßenabriss oder Verlegung).

Sollte das Material nicht den bautechnischen Anforderungen genügen (schlechte Sieblinie, nicht frostsicher), so bestehen folgende zwei Möglichkeiten:

- Verwendung als Schüttmaterial (in place, durch Überbauen oder nach Auskoffern an einer anderen Stelle)
- Verwendung als Tragschichtmaterial durch entsprechende Verbesserung (Stabilisierung). Hierbei ist es möglich, es
 - o in place (vorort mittels Fräsrecycling) zu verbessern: Transportersparnis; nur anwendbar, wenn die Homogenität gegeben ist;
 - o in plant (in einer zentralen Mischanlage) zu verbessern: mögliche Arten der Stabilisierung: mechanisch, bituminös oder mittels Zement.

3.1.2 Methoden für hydraulisch gebundene Schichten - Betonrecycling

Die heute als Standard angesehene Technik bei Betondeckenerneuerung wurde in Österreich erstmals Anfang der Neunzigerjahre bei der Erneuerung der A1 – Westautobahn eingesetzt. Der Arbeitsablauf umfasst:

- Abbruch der (bewehrten) Betondecke
- Aufbereitung mit (mobilem oder ortsfestem) Brecher mit Magnetabscheider
- Siebung und Klassierung
- Wiederverwendung entweder in der zementstabilisierten Tragschicht oder als Unterbeton.

Da diese Art des Recyclings mittlerweile flächendeckend Anwendung findet, wurden folgende Erfahrungen dabei gesammelt [32]:

- Betonaufbruch meist in Eluatklasse I gemäß ÖNORM S 2072 (ggf. Problem mit Chloriden und elektr. Leitfähigkeit)
- Aufbruchbeton hat ähnlich hohe Festigkeit und Dichte wie viele natürliche Zuschläge, daher Eignung als Zuschlagstoff (Splitt aus Altbeton)
- wesentlicher Unterschied: hohe Wasseraufnahme (Zementstein), bis zehnmal so viel wie Felsgestein, d.h. vornässen, erhöhte Wasserzugabe
- etwas höherer Zementgehalt (fallweise)
- Asphaltanteile bis 20% (aus Überbauungen) beeinträchtigen die Druck- und Biegezugfestigkeit und den E-Modul nicht wesentlich, d.h. bautechnisch gesehen ist eine Aussortierung nicht notwendig
- die Verwendung von Betonsplitt für Neubeton erfolgt ohne Probleme, besonders günstiger Zuschlagstoff (hohe Festigkeit, gute Affinität, rauhe Bruchflächen)
- Brechsand aus Altbeton ist jedoch nicht für die Betonherstellung zu verwenden (verschlechtert Verarbeitbarkeit, stark erhöhte Wasseraufnahme)

Laut *Großschartner* [33] werden nach Abschluss der Sanierungsarbeiten im Jahre 2008 bei der Sanierung der Westautobahn (seit 1994) rund 350.000 m³ Altbeton und 55.000 m³ Altasphalt recycelt worden sein.

Generell ist der Beton bei hochbeanspruchten Fahrbahnen (Autobahnen) immer weiter im Vormarsch. Während bei Asphaltsschichten die Belastbarkeitsgrenzen schon sehr bald erreicht werden, ist dies bei Beton noch lange nicht der Fall. Aus diesem Grund bestehen mittlerweile rund 50 % des hochrangigen Straßennetzes (Autobahnen) Österreichs aus Beton [10].

3.1.3 Methoden für bituminös gebundene Schichten – Asphaltrecycling

Einen Anhaltspunkt für die nachfolgende Einteilung des Asphaltrecyclings liefert die entsprechende *RVS* [39] oder auch *Hintsteiner* im *Asphaltbandbuch der GESTRATA* [35].

3.1.3.1 Übersicht

Mehr als 95% des gesamten österreichischen Straßennetzes, das sind rd. 200.000 km (exklusive Forststraßen, Zufahrten, etc.) bestehen aus Asphaltstraßen. Somit ist es nicht weiter verwunderlich, dass es beim Asphaltrecycling weit mehr verschiedene Methoden gibt als beim Recyclieren hydraulisch gebundener Schichten. Hier eine Übersicht der am Markt gängigen Methoden (Abbildung 3-1).

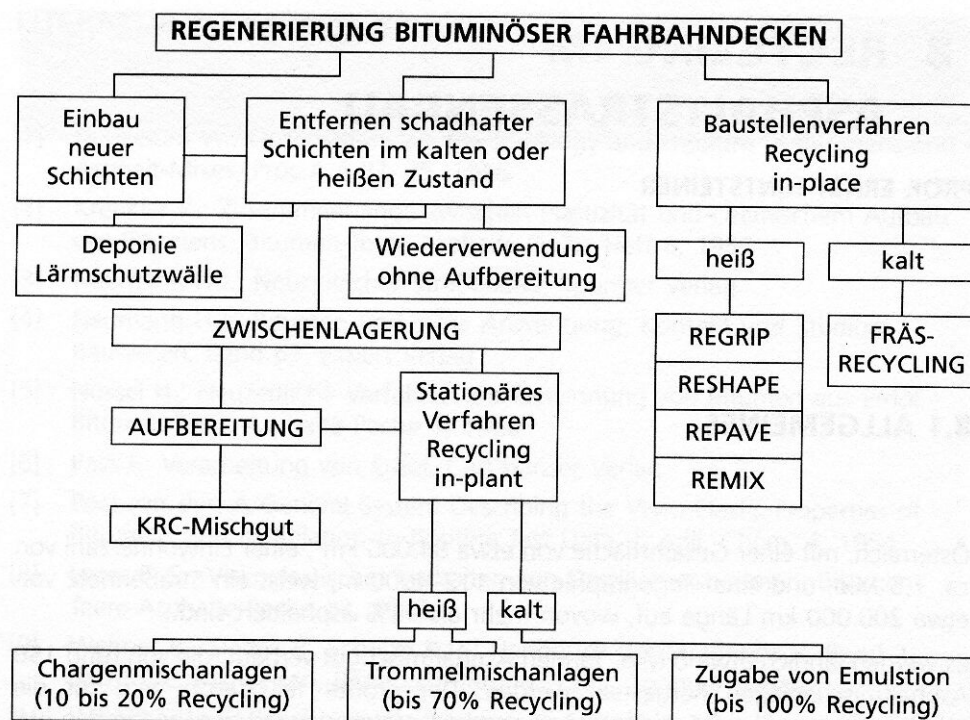


Abbildung 3-1 Asphalt-Recycling-Methodenübersicht [35]

3.1.3.2 Stationäre Verfahren (Recycling in-plant)-kalt

KRC-Mischgut (Verwendung als ungebundene Tragschicht)

Dies stellt die niedrigste Stufe im Asphaltrecycling dar (Abbildung 3-2). Der zerkleinerte Altasphalt wird kalt für die Herstellung von ungebundenen Tragschichten verwendet. Die Eigenschaften des Bitumens (das Aneinanderhaften der Mineralstoffe) geht somit verloren.

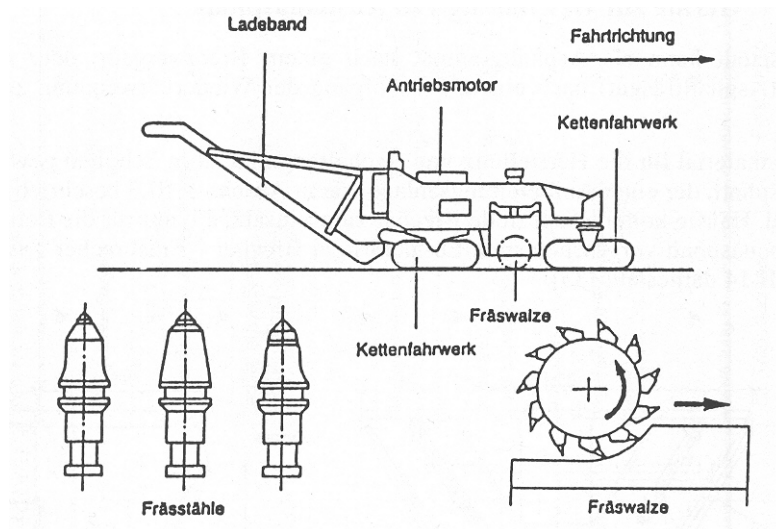


Abbildung 3-2 Schematische Darstellung einer Kaltfräse [94]

Zugabe von Emulsion

Dies ist das Gegenteil des KRC-Mischgutes. Durch die Zugabe der Emulsion ist eine Recycling-Quote von 100 Prozent erreichbar, da das am Fräsgut bereits vorhandene Bitumen die Haftwirkung verstärkt.

3.1.3.3 Stationäre Verfahren (Recycling in-plant)-heiß

Die nachstehenden Verfahren empfehlen sich hauptsächlich für die Herstellung von Mischgut für Tragschichten und Tragdeckschichten.

Chargenmischanlage (Zwangsmischer)

Zugabe des gefrästen oder gebrochenen Asphaltes

1: in den Heißelevator

2: in den Mischer

3: in die Siebgehungsstasche

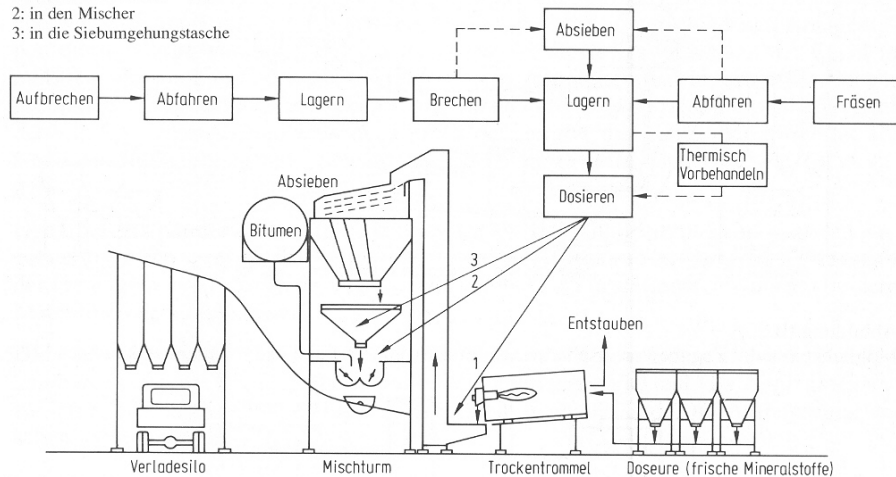


Abbildung 3-3 Möglichkeiten der Zugabe von Asphaltträsgut und Asphaltgranulat in Chargenmischanlagen [94]

Es kann mit dem Chargenmischer eine bis zu 20 %-ige Zugabe an Altasphalt erfolgen (Abbildung 3-3). Diese Mengengrenzung ergibt sich daraus, dass das Altmaterial kalt dem Mischer direkt zugeführt wird und das aus dem Trommelmischer kommende Frischmischgut somit das Altmaterial miterhitzen muss. Wichtig ist dabei eine Abstimmung des Frischmischgutes auf den Altasphalt, so dass Kornaufbau und Bindemittelqualität entsprechen.

Die Form des Recyclierens mittels Chargenmischers stellt das in Österreich am öftesten verwendete Recycling-in-plant-Verfahren dar.

Trommelmischanlage bzw. Paralleltrommelmischanlage

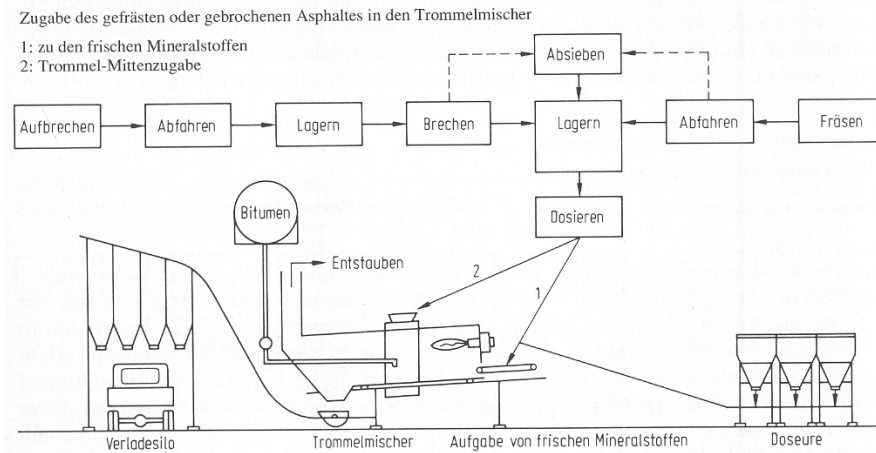


Abbildung 3-4 Möglichkeiten der Zugabe von Asphaltfräsgut und Asphaltgranulat in Trommelmischanlagen [94]

Theoretisch ist bei diesem Verfahren (Abbildung 3-4) eine Verwendung von 100 % Altasphalt möglich. In den seltensten Fällen wird jedoch der Kornaufbau bzw. die Bindemittelqualität den gewünschten Anforderungen entsprechen. Die realistische Quote liegt bei etwa 70 % [94]. Die Unterscheidung zwischen den beiden in der Überschrift angegebenen Verfahren besteht darin, dass das Altmaterial entweder hinter einem Hitzeschild dem Trommelmischer zum Frischmischgut zugegeben wird (das Hitzeschild soll das Verbrennen des alten Bindemittels verhindern; die Erhitzung erfolgt im Parallelstrom; eigentlich nur bei Großbaustellen einsetzbar, in Österreich praktisch nicht eingesetzt), oder in einer parallelen Trommel (kein Mischer!) erhitzt wird (Abbildung 3-5), wobei die Erhitzung entweder über die Abgase aus dem Trommelmischer des Frischmaterials oder in einem separaten Gleichstrom (beim Frischmaterial erfolgt die Hitze im Gegenstrom) erfolgt.

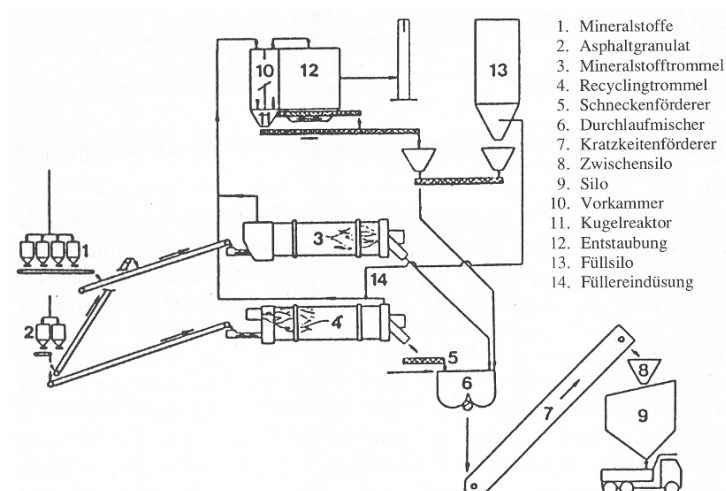


Abbildung 3-5 Möglichkeiten der Zugabe von Asphaltfräsgut und Asphaltgranulat in Paralleltrommel-Mischanlagen [94]

3.1.3.4 Baustellenverfahren (Recycling in-place)–heiß

Für alle hier zusammengefassten „in place“-Verfahren mit Erwärmung gilt, dass die nicht bearbeitete Straßenkonstruktion eine ausreichende Tragfähigkeit und einen hinlänglichen Verformungswiderstand aufweisen muss.

Der Erfolg hängt weiters von den technologischen Eigenschaften des Materials ab und ist dementsprechend vorher zu untersuchen [35].

Regrip

Dieses Verfahren findet Anwendung, wenn die Schicht an sich in Ordnung ist (Dicke, Bitumenmenge und –qualität, etc.), abgesehen von der Griffigkeit. Die Oberfläche wird so wie beim Reshape-Verfahren mittels Infrarot erhitzt, anschließend ausreichend Splitt gestreut (mit Bitumen vorumhüllt) und mittels geeigneter Walzen verdichtet.

Dieses Verfahren findet in heutiger Zeit kaum mehr Anwendung, eher wird das Problem der zu geringen Griffigkeit mittels Dünnschichtdecke gelöst.

Reshape

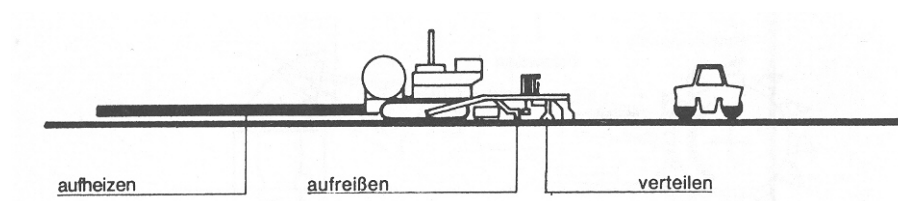


Abbildung 3-6 Schematische Darstellung eines Einbauzuges für Reshape-Maßnahmen [94]

Dieses Verfahren dient zur Ausbesserung von Spurrinnen und anderen Unebenheiten (Abbildung 3-6). Hier wird kein zusätzliches Frischmischgut eingesetzt, sondern lediglich das bereits vorhandene Mischgut bis zu einer Eindringtiefe von etwa 5 cm auf 120 – 170 °C erwärmt (bei Gussasphalt zwischen 200 und 240 °C). Anschließend wird die erwärmte Fläche mittels geeigneter Einrichtungen unter Vermeidung von Kornzertrümmerung aufgelockert, quer zur Einbaurichtung verteilt, überschüssiges Mischgut dabei ggf. ausgeschieden, geglättet und vorverdichtet. Die anschließende Verdichtung erfolgt mittels geeigneter Walzen.

Eine Anwendung des Verfahrens ist nur bei einwandfreier Qualität des Deckmischgutes möglich. Es wird keine Materialveränderung vorgenommen.

Repave

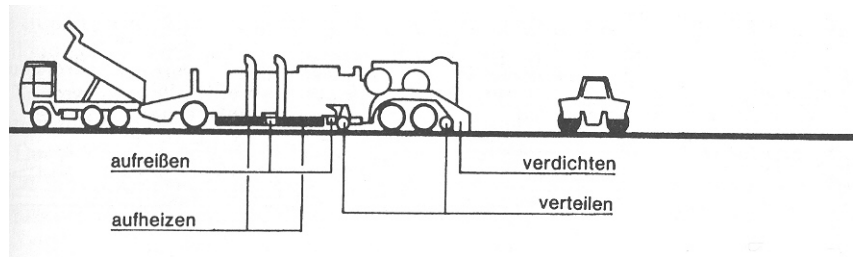


Abbildung 3-7 Schematische Darstellung eines Einbauzuges für Repave-Maßnahmen [94]

Es erfolgt eine Überschichtung des vorhandenen Mischgutes „heiß auf heiß“ mit neuem Mischgut, womit es von besonderer Bedeutung ist, die Tragfähigkeit und den Verformungswiderstand der Straßenkonstruktion zu kennen (Abbildung 3-7). Das Aufheizen, Auflockern und Verdichten erfolgt in Analogie der vorhin erwähnten Verfahren, lediglich das Glätten und Verdichten erfolgt durch eine eigene Einrichtung, die der Bohle (verdichtet und glättet die Oberfläche bei der Herstellung einer Asphaltschicht am Ende des Fertigers auf einer vorher definierten Breite) herkömmlicher Fertiger gleicht. Das Verfahren dient der Wiederherstellung einer profilgerechten, ebenen und griffigen Oberfläche.

Vor allem bei Spurrinnen infolge von Abrieb und Materialverlust wird das Verfahren eingesetzt, der Einsatz ist jedoch aufgrund des hohen Energieeinsatzes für das Erwärmen rückläufig.

Remix

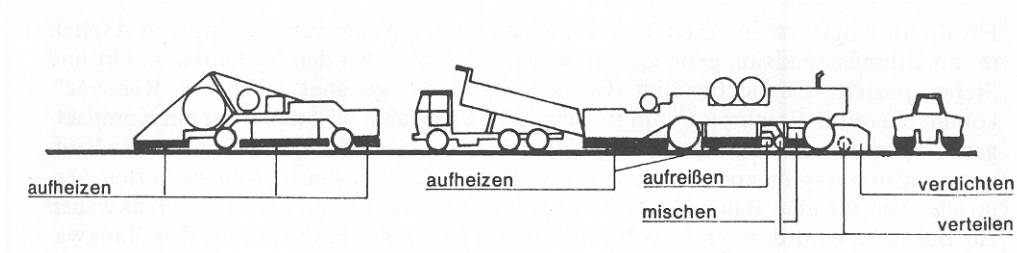


Abbildung 3-8 Schematische Darstellung eines Einbauzuges für Remix-Maßnahmen [94]

Remix ist die aufwendigste Methode, Altasphalt vor Ort zu recyclieren, aber auch die leistungsfähigste bei den Problemen Verschleiß, Spurrinnenbildung, Verdrückungen, Überfettungen, Elefantenhautbildung, altem und sprödem Bindemittel und Griffigkeitsverlust (Abbildung 3-8). Sie ist anwendbar, wenn die vorhandene Mischgutmasse nicht ausreicht und/oder die Zusammensetzung in Hinblick auf die Beanspruchung verändert werden soll, aber auch wenn die Ebenheit oder Griffigkeit erhöht werden soll. Außerdem dient sie zur Instandsetzung rissiger Oberflächen und der Erreichung einer angestrebten Einbaudicke.

Die vorliegende Schicht wird aufgewärmt und aufgelockert, aufgenommen, durch Zugaben (Mischgut, Bitumen, Regenerierungsmittel oder Gesteinsmaterial) verbessert, wieder eingebaut und verdichtet. Die maximale erhitze und aufgelockerte Tiefe beträgt 10 cm, im Regelfall jedoch 5 cm. Eine größere Tiefe ist unwirtschaftlich bzw. könnte aufgrund zu großer Hitzeentwicklung zu Schädigungen des Bindemittels führen.

3.1.3.5 Baustellenverfahren (Recycling in-place) – kalt

Die nun beschriebenen Verfahren dienen zur Wiederverwendung von Altasphalt an gleicher Stelle ohne vorherige Erwärmung.

Fräsrecycling – Bitumenemulsion bzw. Zementstabilisierung

Fräsrecycling ist nur bei Straßen von untergeordneter Bedeutung eine gute und rasche Methode der Erneuerung. Der Ablauf gemäß *Bernegger* [34]:



- 1.) Der Altzustand. Die Schäden sind die Folge eines mangelhaften Oberbaus.
- 2.) Verstärkung der Tragschicht durch die Aufbringung von Zuschlagstoffen.
- 3.) Exakte Dosierung des Zements auf Basis technischer Analysen des Ist-Zustandes der Straße und im Labor durchgeführten Eignungsprüfungen.
- 4.) Eine Tieffräse, gekoppelt mit einem Wasserwagen, bricht die alte Straßenbefestigung bis zu einer Tiefe von max. 35 cm auf, zerkleinert den Altasphalt und durchmischt das Fräsgut mit Zuschlagstoffen und Bindemittel.
- 5.) Mittels Grader erfolgt der Einbau des durchgemischten Tragschichtmaterials. Altstoffe finden Verwendung als hochwertiger Tragkörper.
- 6.) Kontrollierte Verdichtung mit integriertem Meßsystem. Zwei Tage später erfolgt die Entspannung der Tragschicht in Form einer Mikrorissbildung mit demselben Gerät.
- 7.) Versiegelung der fertigen Zementstabilisierung mittels Bitumenemulsion
- 8.) ... und Splitt. Dadurch wird die Dauerhaftigkeit der hydraulisch gebundenen Tragschicht gesteigert und die Schichthaftung zum bituminösen Überbau gewährleistet.
- 9.) Die fertige Straße. Höchst erreichbare Qualität mit einem Minimum an Primärrohstoffen.

Die Vorteile:

- Verbesserung der Tragfähigkeit, Frostbeständigkeit und Kornverteilung des Straßenoberbaus.
- Vermeidung von Abfall (bestehende Asphaltdecke muss nicht deponiert werden).
- Einsparung von Rohstoffen (Kies, Bitumen, Energie).
- Einschränkung des Lastverkehrs durch Materialtransporte während der Baudurchführung.
- Schnelle Bauausführung bei möglichst geringer Behinderung des Verkehrs.
- Ausnutzen des vorhandenen Straßenquerschnittes.

3.2 ÜBERWACHUNG VON RECYCLING-BAUSTOFFEN

3.2.1 Allgemein Gültiges

In den meisten in der Diplomarbeit angeführten Ländern gibt es ein doppeltes Überwachungssystem für die Güte und die Qualität der Recycling-Baustoffe. Dieses soll hier anhand der österreichischen Regelung [4], die sich wiederum ableiten lässt aus der Empfehlung für Recycling-Richtlinien des Internationalen Baustoff-Recycling Verbandes (FIR) [60], erklärt werden.

Bei nahezu allen Regelwerken wird eine Eingangskontrolle zwingend vorgeschrieben, bei welcher eine erste Beurteilung und Vorsortierung erfolgt. Insbesondere sollen dabei gefährliche (kontaminierte und teer- bzw. asbesthaltige) Materialien erkannt und abgewiesen werden.

Bevor das geeignete Material dann der eigentlichen Aufbereitung zugeführt werden kann, müssen die Verunreinigungen (dazu zählen etwa Humus, Holz, Gips, Metalle, Kunststoff, Papier) aussortiert werden.

Man unterscheidet folgende Verfahrensschritte:

- Erstprüfung (Eignungsüberwachung)
- Eigenüberwachung
- Fremdüberwachung

Die Erstprüfung (Eignungsnachweis)

Bei der Erstprüfung, die auch Eignungsnachweis genannt wird, wird durch ein akkreditiertes Prüflabor (nicht von der eigenen Firma) festgestellt, ob die Voraussetzungen für die Überwachung der Produktion (maschinelle Anlagen, technische Voraussetzungen der Eigen- und Fremdüberwachung, etc.) erfüllt werden können. Weiters werden pro Betrieb und Granulatart Materialproben auf alle laut Richtlinie erforderlichen Parameter geprüft. Es sind dabei zwei Wiederholungsprüfungen zulässig.

Die Eigenüberwachung

Bei der Eigenüberwachung handelt es sich um eine, durch das firmeneigene, bzw. wenn der Betrieb selbst nicht in der Lage ist, durch ein beauftragtes Prüflabor kontinuierlich durchzuführende Beprobung des Materials gemäß Richtlinie. Die Kontinuität ist in den einzelnen Regelwerken unterschiedlich festgelegt (siehe 3.2.2).

Bei Nichteinhaltung der Richtlinienvorgaben sind durch den Betrieb sofort alle Maßnahmen zur Beseitigung der Mängel zu treffen.

Die Fremdüberwachung

Die Fremdüberwachung darf nur durch externe zugelassene Prüfstellen erfolgen und dient zur Feststellung, ob die festgelegten Anforderungen erfüllt werden.

Auch bei der Fremdüberwachung sind unterschiedliche Häufigkeiten in den Regelwerken aufgeführt (siehe 3.2.2).

Vereinfachte Prüfungsmodalitäten

Bei der österreichischen Richtlinie ist vorgesehen, sofern weniger als 10.000 Jahrestonnen je Lieferkörnung produziert werden, dass die bei einigen bau- und umwelttechnischen Anforderungen vorgeschriebene zweite Fremdüberwachung entfallen kann.

3.2.2 Die Prüfintervalle

Die aufgezählten unterschiedlichen Prüfungen haben in den einzelnen Regelungen unterschiedliche Intervalle (Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1 Prüfintervalle in den untersuchten Ländern

	Österreich		Schweiz		Südtirol	Niederlande	Dänemark
	Richtlinie 4. Aufl.	Richtlinie 5. Aufl.	AfU Solothurn	ARV/BUWAL			
Eigenüberwachung	alle 2.500 t	alle 5.000 t	-	alle 3.000 m ³	alle 5.000 t	?	-
Fremdüberwachung	2x im Jahr	2x im Jahr	-	alle 20.000 m ³ , min. 1x pro Jahr	1)	?	für die unterschiedlichen Parameter jew. eigene Mengenangaben

Deutschland						
	RAL-RG 501-1	TL Min-StB 2000	DIN 4226-100	DAfStb	LAGA	MBI DB
Eigenüberwachung	-	-	2x im Jahr	durch Zertifizierungsstelle festgelegt	wöchentlich	spätestens nach 2.000 t, mind. jedoch 1x pro Produktionswoche
Fremdüberwachung	4x im Jahr	-	2x im Jahr	2x im Jahr	4x im Jahr	4x im Jahr

1) wird vom Amt für Geologie und Baustoffprüfung sowie von der Landesagentur für Umwelt und Arbeitsschutz durchgeführt

3.2.3 Methoden der Feststellung der Mobilisierbarkeit von Schadstoffen – ein Überblick

Die hier angegebenen Informationen können nur einen Überblick über die gängigsten Prüfmethoden liefern. Ein Großteil wurde aus der Diplomarbeit von *Rosenberger* [58] übernommen. Alle Verfahren dienen dazu, die Mobilisierbarkeit von enthaltenen Schadstoffen labortechnisch zu ermitteln. Es ist festzuhalten, dass die meisten Re-

gelwerke als Untersuchungsmethode Auslaugversuche vorschreiben, die meist an das Deutsche Einheitsverfahren (DEV-S4-Verfahren) angelehnt wurden. Unterschiede gibt es dann nur in der Zugabemenge, Korngrößen und Material:Wasser-Menge sowie ob destilliertes oder ortsübliches Wasser zum Einsatz kommt.

Die Auslaugbarkeit (Auswaschung) von schädlichen Inhaltsstoffen hängt im Wesentlichen ab:

- von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des ungebundenen Baustoffes (vorhanden Gesamtinhaltsstoffe, zugängliche Oberfläche, Lagerungsdichte, Durchlässigkeit)
- von der Beschaffenheit des eindringenden Wassers (pH-Wert, Temperatur, etc.)
- vom Verhältnis Feststoff zu Eluationsflüssigkeit
- von der Dauer und Art der Berührung zwischen Baustoff und Wasser.

Die tatsächliche Überprüfung der Zuverlässigkeit für die Grenzwerte, etc. der einzelnen Verfahren wäre jedoch eine eigene Arbeit und müsste dazu mit umfangreichen Versuchen belegt werden.

Die Ermittlung der Umweltverträglichkeit eines Recycling-Baustoffes soll keinesfalls darin bestehen, so viele Parameter wie möglich, sondern so viele wie notwendig zu untersuchen.

Die hier angeführten Verfahren im Überblick:

- DEV-S4 – Verfahren gem. DIN 38 414 Teil 4
- Trogverfahren
- Perkulationsverfahren
- Lysimeterversuch
- pH-stat – Verfahren
- VDZ – Durchflussversuch
- ISE – Durchlaufverfahren
- Verfahren mittels Ultraschall

Für alle angeführten Eluat-Verfahren gilt:

Die angewendeten Analyseverfahren zur Bestimmung der Inhaltsstoffe im Eluat variieren nicht nur länderweise, sondern sind auch abhängig vom jeweiligen Regelwerk das angewendet wird. Die meisten anzuwendenden Analyseverfahren orientieren sich jedoch im Wesentlichen an den Regelungen der DIN 38 000-Familie.

DEV-S4 – Verfahren gemäß DIN 38 414 Teil 4

Das DEV-S4 - Verfahren wurde ursprünglich für die Bestimmung der Eluierbarkeit (Auslaugbarkeit) von Schlamm und Sedimenten mit Wasser in der DIN 38414 Teil 4 "Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4)" normiert. Es ist das zur Zeit am meisten verwendete Prüfverfahren zur Bestimmung der Auslaugbarkeit.

Eine Probemenge von etwa 100 g und einer maximalen Korngröße von 10 mm wird mit entionisiertem Wasser vermengt. Das Masseverhältnis von Probe (Trockensubstanz) zu Wasser soll 1:10 betragen. Das Wasser-/Probegemisch wird 24 Stunden lang einer Über-Kopf-Drehung mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit von ca. 6 U/min unterzogen. Die Eluationsflüssigkeit wird anschließend filtriert und auf ihre Inhaltsstoffe untersucht.

Bei einer Überschreitung der maximalen Korngröße von 10 mm muss das Material durch geeignete Zerkleinerungsmethoden gebrochen werden.

Trogverfahren

Nach dem Trogverfahren können untersucht werden:

- ungebundene, unverdichtete Mineralstoffe
- gebundene oder verfestigte Probekörper.

Diese Prüfmethode lehnt sich in manchen Punkten an das DEV-S4 - Verfahren an. Das Eluent-/Feststoffverhältnis von 10:1 sowie die Eluationszeit von 24 h entsprechen den Randbedingungen des DEV-S4 - Verfahrens.

Das Untersuchungsmaterial befindet sich in einem Siebeinsatz und wird in einem Trog ausgelaugt. Dies erfolgt durch Einbringung eines Magnetrührstabes, welcher durch ein Magnetrührwerk mit einer Drehzahl von rund 500 U/min bewegt wird. Ungebundenes, unverdichtetes Material wird gleichmäßig auf dem Siebeinsatz verteilt, gebundene oder verfestigte Probekörper werden mittig auf den Siebeinsatz gestellt. Eine Wasserüberdeckung von 2 cm muss in beiden Fällen gewährleistet sein.

Für die Untersuchung ungebundener, unverdichteter Materialien im Trogversuch benötigt man eine Probemenge von ca. 2000 g. Bei gebundenen, bzw. verfestigten Materialien ist der Probekörper je nach Erfordernis ein Marshallprobekörper, ein Proctorkörper oder ein 10 cm-Würfel, wobei das Verhältnis Oberfläche/Volumen der Prüfkörper möglichst ähnlich sein soll.

Das geforderte Wasser/Feststoffverhältnis von 10:1 und die definierten Probekörperformen ergeben höhere notwendige Mengen an demineralisiertem Wasser als beim herkömmlichen DEV-S4 - Verfahren. Ein Vergleich mit den Ergebnissen anderer Eluationsverfahren ist nur bedingt möglich.

Perkulationsverfahren

Mit dem Perkulationsverfahren kann die Auslaugdynamik eines auslaugbaren Schadstoffes als Funktion der Auslaugzeit untersucht werden. Es ermöglicht die Untersuchung von unverdichteten mineralischen Materialien, die nicht zur Verschlammung neigen.

Das zu untersuchende Material befindet sich in einer Glassäule und wird gleichmäßig mit demineralisiertem Wasser beregnet. Der Versuch wird in drei Schritten mit Wasser-/Feststoffverhältnissen von 0,5:1, 1:1 und 1,5:1 durchgeführt, was ein Gesamtverhältnis von 3:1 ergibt. (Zum Vergleich DEV-S4 - Verfahren: 10:1). Der Versuch wird an drei aufeinander folgenden Tagen durchgeführt, Trocknungsphasen werden mit Unterdruck simuliert. Das durchgesickerte Perkolat wird aufgefangen und auf Inhaltsstoffe untersucht.

Die wechselnden Durchfeuchtungs- und Trocknungsphasen entsprechen weitgehend den praktischen Zuständen im Straßenkörper.

Lysimeterversuche

Man unterscheidet Laborlysimeter und Feldlysimeter. Bei Laborlysimetern wird das zu untersuchende Material in möglichst naturgetreuer Art in eine Säule eingesetzt. Anschließend erfolgt eine Beregnung mit einer Flüssigkeit, die dem Niederschlagswasser der jeweiligen Region entspricht. Das am unteren Ende austretende Eluat wird gesammelt und in regelmäßigen Abständen untersucht.

Bei Feldlysimetern wird ein naturgetreues, abgegrenztes Versuchsfeld zur Ermittlung der Auswaschung von Schadstoffen untersucht. Das durchgesickerte Niederschlagswasser wird gesammelt und untersucht. Lysimeterverfahren sind sehr zeit- und kostenintensiv, die Ergebnisse jedoch sehr genau und praxisgerecht. Verfestigte oder verdichtete Proben können damit nicht untersucht werden. Eine Normung derartiger Verfahren ist nicht bekannt.

pH-stat - Verfahren

Das pH-stat-Verfahren simuliert den Schadstoffaustrag bei dauernder Auslaugung durch ein saures Medium (z.B. saurer Regen). Dadurch können extreme Randbedingungen, wie z.B. saurer Regen und die damit verbundene stärkere Auslaugung von

Schwermetallen simuliert werden. Mit diesem Versuch können Auslaugungen von mehreren hundert Jahren simuliert werden. Bei diesem Verfahren wird der pH-Wert des über eine Schlauchpumpe im Kreislauf befindliche Lösungswasser in zwei Schritten innerhalb von 7 Tagen durch Säurezugabe auf pH 7 und pH 4 abgesenkt.

VDZ-Durchflussversuch

Die Überprüfung des Auslaugverhaltens alternativer Baustoffe kann mit dem VDZ-Durchflussgerät an speziell hergestellten Probekörpern erfolgen. Das VDZ-Durchflussgerät wird eingesetzt, wenn alternative Baustoffe in hydraulisch oder mit Bitumen gebundene Schichten, die nach dem Einbau als gering wasserdurchlässig gelten, eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren sind Probekörper herzustellen und in die Prüfeinrichtung für die Durchlässigkeitsprüfung im Erdbau einzubauen. Die lediglich einmal durch den Probekörper gedrückte Eluationsflüssigkeit kommt zur Analyse. Daraus hervorgehende Ergebnisse können jedoch nur schwer mit anderen Auslaugungsergebnissen verglichen werden.

ISE-Durchlaufverfahren

Bei diesem Verfahren nach *Wörner* [89] erfolgt die Prüfung an lose anfallenden, umhüllten Körnern bzw. Stücken, deren Haufwerk als gut wasserdurchlässig zu bezeichnen ist. Dieses Prüfverfahren eignet sich besonders zur Bestimmung der Auslaugbarkeit modifizierter alternativer Baustoffe, weil nur geringe mechanische Beanspruchungen auftreten und das zu untersuchende Material in der Korn- bzw. Stückgröße geprüft werden kann, in der es auftritt. Die Versuchseinrichtung besteht aus einer wasserdichten Wanne, einem zweiteiligen Zylinder für das Prüfgut, einem dicht verschließenden Zylinderaufsatz und einer Tauchpumpe. Der Prüfzylinder steht so in der Wanne, dass sich das Prüfgut über dem Wasserspiegel in der Wanne befindet. Die Tauchpumpe wird an den an dem Zylinder befestigten Aufsatz angeschlossen und hält die Eluationsflüssigkeit (destilliertes Wasser) 24 Stunden im Kreislauf. Das resultierende Eluat wird anschließend analysiert

Verfahren mittels Ultraschallbehandlung

Ein Forschungsteam des Institutes für Bodenkunde, Universität Hamburg hat ein Verfahren entwickelt, dass es erlaubt, mittels Ultraschall in weit kürzerer Zeitdauer als beim DEV-S4 Verfahren die Eluatbelastung zu messen und dabei trotzdem die Parametergrenzwerte aus dem DEV-S4 Verfahren zu übernehmen [59]. Auch die im folgenden Punkt angeführten Nachteile bzw. nicht den natürlichen Bedingungen entsprechenden Anforderungen (z.B. mech. Abriebszerkleinerung) des DEV-S4 Verfahrens wären somit überwunden. Das Forschungsvorhaben ist bisher jedoch auf anorganische Parameter begrenzt und befindet sich noch im Versuchsstadium.

Vor- und Nachteile, Anwendbarkeit auf Recycling-Baustoffe

Aufgrund zahlreicher Versuche und der bereits langjährigen Erfahrungen mit den unterschiedlichen Methoden lässt sich festhalten, dass zwar die meisten Länder entweder das DEV-S4-Verfahren oder eine Abwandlung davon verwenden, diese jedoch den Nachteil haben, dass sie für Auslaugbarkeit von Schlamm oder Abfälle (ÖNORM S 2072) entwickelt wurden und somit eine künstliche Erhöhung der Oberfläche durch Zerkleinerung des Materials schaffen (kommt beim tatsächlichen Einbau nicht vor) und eine Simulation eines Schichtaufbaus nicht möglich ist. Auch das Über-Kopf-Drehen entspricht nicht den Bedingungen in der Praxis; hier kann durch Abrieb die Oberfläche und somit auch der Feinanteil erhöht werden. Abschließend ist noch kritisch anzumerken, dass die zu geringen Probemengen ebenfalls kein repräsentatives Bild eines Recycling-Baustoffes liefert und sich in einem Straßenkörper nie das angesetzte Wasser/Feststoffverhältnis aufgrund des geringen Porenraumes einstellen wird.

Ein durch *Wörner* [89] durchgeführter Vergleich und eine kritische Analyse der Eluatiionsverfahren zeigt zusätzlich, dass in den nach DEV S4 hergestellten Eluaten die Maximalfrachten gemessen werden.

Somit wird der einzige Vorteil dieses Verfahren, nämlich die kurze Prüfdauer, stark relativiert.

3.2.4 Aufzählung wesentlicher Parameter, ihre Entstehung und ihre Auswirkungen

Diese Aufzählung wurde *Schneider/Bruckner* [15] bzw. *Rosenberger* [58] entnommen. Die Aufzählung soll einen ersten Einblick liefern, welche jeweilige Begründung beziehungsweise Berechtigung für die Überprüfung einzelner, wesentlicher Parameter besteht.

MAK-Wert = höchst zulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes am Arbeitsplatz

Aliphatische Kohlenwasserstoffe

Entstehung / Anwendung: beim Cracken von Erdöl, Lösungsmittel

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: bewirkt Müdigkeit, Kopfschmerzen, in höherer Konzentration narkotisch

Aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol-hältige Verbindungen)

Entstehung / Anwendung: beim Cracken von Erdöl, Lösungsmittel für Harze, Fette und Öle

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: Benzol: MAK = kanzerogen (A1), schleimhautreizend, Übelkeit, Knochenmarksschäden

Arsen

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden kanzerogene Wirkungen

Benzol

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: MAK = kanzerogen (A1) Kopfschmerzen, Schädigung des Knochenmarks und der Blutbildung, Leukämie

Blei

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden, kanzerogene Wirkungen

Cadmium

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: stark toxisch, chronische Schäden, kanzerogene Wirkungen

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Untergruppe der chlororganischen Verbindungen und der Halogenkohlenwasserstoffe)

Entstehung / Anwendung: Verbindungen die aus den Kohlenwasserstoffen entstehen, wenn ein oder mehrere Wasserstoffatome durch Chlor ersetzt werden. Dazu zählen u.a. Dichlormethan, Trichlormethan, Chlorparaffine, 1,2-Dichlorethan, Trichlorethylen, Tetrachlorethylen

Chrom

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: Hautreizungen, chronische Schäden, mutagene Wirkungen

Elektrische Leitfähigkeit

Sie gibt Aufschluss über den Gesamtgehalt an gelösten Salzen (Chloride, Sulfate, Karbonate, Nitrate,...). Diese greifen einerseits den Beton an und andererseits haben sie Einfluss auf die Trinkwasserqualität.

Erdöl(produkte) (Wasserschadstoff)

Entstehung / Anwendung: durch Versickern von Altöl

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: Zerstörung von Wasserreserven

Kupfer

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden

Nickel

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden, mutagene Wirkungen, kanzerogene Wirkungen

Oxidierbarkeit (CSB)

Die Oxidierbarkeit ist am chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) abzulesen, welcher jene erforderliche Sauerstoffmenge angibt, die zur Oxidation der gesamten organischen Inhaltsstoffe erforderlich ist. Sie ist eine Kenngröße für den Anteil an organischen Substanzen und Mikroorganismen.

Pestizide (Bodenschadstoff)

Entstehung / Anwendung: organische Pflanzenschutzmittel

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: in Abhängigkeit ihrer chemischen Gruppe rufen sie Schäden hervor, z.B. DDT oder Lindan sind stark toxische Chlorkohlenwasserstoffe

Phenole (Wasserschadstoff)

Beeinträchtigen Geruch und Geschmack von Wasser.

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: bewirkt Schleimhautreizungen, Leber- und Nierenschäden, erbgutschädigend

pH-Wert

Der pH-Wert ist eine Maßzahl, die angibt, wie hoch die Konzentration an H_3O^+ - Ionen in einer wässrigen Lösung ist. Sie wird durch den negativ dekadischen Logarithmus der H_3O^+ - Ionen-Konzentration ausgedrückt:

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: Der pH-Wert ist eine Kenngröße für die Aggressivität von Böden oder Wässern. Bei einem pH-Wert von $< 6,5$ kann man von Aggressivität gegenüber Beton ausgehen (je kleiner der Wert, desto größer die Mobilisierbarkeit von Schwermetallen) erhöht und durch einen zu hohen pH-Wert kann der Wachstum der Pflanzen eingeschränkt werden.

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Entstehung / Anwendung: Halogenkohlenwasserstoff, Verwendung als Weichmacher in Kunststoffen, Flamschutzmitteln, Schalölen, Isolierflüssigkeiten, im Klärschlamm, Fugenmassen, Farben und Beschichtungen

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: MAK = $1,0 \text{ mg/m}^3$ (Chlorgehalt 42 %) $0,5 \text{ mg/m}^3$ (Chlorgehalt 54 %) (B), Schwächung des Immunsystems, Schädigung des Nervensystems, Leberfunktionsstörungen, Chlorakne

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Entstehung / Anwendung: PAK sind kondensierte aromatische Kohlenwasserstoffe, sie entstehen u.a. bei der Verbrennung

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: besitzen krebserregende Wirkung

Quecksilber

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden, kanzerogene Wirkungen

Schwermetalle

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: Schwermetalle sind nur bedingt abbaubar und reichern sich in der Nahrungskette an, die Wirkungsweise ist vom jeweiligen Schwermetall und der Konzentration abhängig; z.B. toxisch, verursacht Hautekzeme etc.

Tenside (Wasserschadstoff)

Entstehung / Anwendung: grenzflächenaktive Stoffe (führen zu einer Verringerung der Oberflächenspannung und sind schaubildend)

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: wirken fischtoxisch, werden vielfach schon durch vollständig abbaubare Tenside biogenen Ursprungs ersetzt

Toluol

Entstehung / Anwendung: Lösemittel, Verdünnungsmittel, Reinigungsmittel

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: MAK = 380 mg/m³, Atemstörungen, Kopfschmerzen, Leber-, Nierenschäden

Vinylchlorid

Entstehung / Anwendung: PVC-Schäume, Fußbodenbeläge, Treibmittel

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: MAK = kanzerogen, (A1), Kopfschmerzen, Leberschäden, Haut-, Knochenveränderungen

Xylol

Entstehung / Anwendung: Lösemittel, Holzschutzmittel, Lacke, Farben

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: MAK = 440 mg/m³, Schleimhautreizungen, Leber-, Nierenschäden

Zink

Entstehung / Anwendung: Farben und Lacke, Holzbaustoffe, Kunststoffe, Korrosionsschutz

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden

Zinn

Entstehung / Anwendung: Farben und Lacke, Kunststoffe

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: chronische Schäden

1,2-Dichlorethan

Entstehung / Anwendung: Lösemittel

Gesundheitliche bzw. ökologische Auswirkungen: MAK = kanzerogen (A2) Schädigungen des Kreislaufs und des Stoffwechsels, Schleimhautreizungen, Leber-, Nierenschäden, kanzerogene Wirkungen

3.3 WERTSCHÖPFUNGSARTEN

Die Wertschöpfungsarten geben wieder, ob ein recycelter Baustoff so eingesetzt wird, dass alle seiner Eigenschaften besser bzw. im gleichen Ausmaß wieder zum Tragen kommen oder nicht. Dabei gibt es drei Möglichkeiten:

Downcycling

„Downcycling“ ist die Wiederverwendung/Verwertung von Baustoffen in niedrigwertiger, andersartigen Anwendung und dies in geringerer Qualitätsstufe [39].

Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn eine Asphalt-Deckschicht recycelt wird, indem man sie mittels Kaltrecyclings (KRC-Mischgut) als ungebundene Tragschicht verwendet. Die guten Eigenschaften des Bitumens (der Zusammenhalt) kommen dadurch nicht mehr zum Einsatz.

Recycling

Vom eigentlichen Recycling ist dann die Rede, wenn eine Wiederverwendung/Verwertung in derselben Art erfolgt, wo der gebrauchte Stoff herkommt und dies in gleicher bzw. möglichst hoher Qualitätsstufe. Dies gilt nicht nur für den Straßenbau, sondern ist generell gültig.

Dies ist beispielsweise der Fall, wenn eine ehemals gebundene Asphalt-Tragschicht mittels Zugabe von Frischmaterial im stationären Verfahren recycelt wird und wieder als Tragschicht eingebaut wird.

Up-Sizing

Dies ist die Gewinnung eines höherwertigen Produktes aus verschiedenen gebrauchten Altprodukten, die jeweils eine geringere Wertschöpfung hätten. Dies kommt im Straßenbau eher selten vor.

3.4 MASSENBILANZ – STOFFKREISLAUF

Gerade im Straßenbau hat das Recycling einen Stellenwert eingenommen, der in anderen Bausparten noch lange nicht vorstellbar ist. Es werden, bis auf Kleinmengen von Baustellen geringen Ausmaßes, nahezu alle verwertbaren ungebundenen, bituminös aber auch hydraulisch gebundenen Reststoffe wieder einer Verwendung zugeführt. Eine Erhebung der Massen speziell im Straßenbau liegt zwar nicht vor, jedoch kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den in Tabelle 3-2 angegeben

Massen bezüglich Asphalt hauptsächlich um Massen aus dem Straßenbau handelt [12].

Tabelle 3-2 Schätzungen des BRV der recyclierten Massen nach Sparten [24]

Sparte		1995	Veränd.	1996
Beton-Recycling [t]	-	1.006.098	7,42%	1.080.794
Asphalt-Recycling [t]	-	1.276.792	8,10%	1.380.227
Mineralischer Bauschutt [t]	-	862.897	13,55%	979.802
Baustellenabfälle [t]	-	68.367	210,99%	212.615
Kontaminierte Böden + Sonstiges [t]	-	962.676	5,46%	1.015.237
SUMME [Tonnen]	-	4.176.829	11,78%	4.668.675

Sparte	Veränd.	1997	Veränd.	1998
Beton-Recycling [t]	7,36%	1.160.328	-8,60%	1.060.585
Asphalt-Recycling [t]	-20,49%	1.097.433	-3,08%	1.063.683
Mineralischer Bauschutt [t]	0,33%	983.063	25,71%	1.235.800
Baustellenabfälle [t]	-30,98%	146.743	-16,72%	122.203
Kontaminierte Böden + Sonstiges [t]	5,12%	1.067.225	-7,11%	991.394
SUMME [Tonnen]	-4,58%	4.454.793	0,42%	4.473.666

Sparte	Veränd.	1999	Veränd.	2000
Beton-Recycling [t]	-2,97%	1.029.088	14,47%	1.177.984
Asphalt-Recycling [t]	1,29%	1.077.453	0,18%	1.079.390
Mineralischer Bauschutt [t]	4,87%	1.296.041	4,78%	1.358.025
Baustellenabfälle [t]	-46,48%	65.404	-3,00%	63.443
Kontaminierte Böden + Sonstiges [t]	-10,42%	888.124	27,04%	1.128.258
SUMME [Tonnen]	-2,63%	4.356.110	10,35%	4.807.099

Sparte	Veränd.	2001	Veränd.	Prog 2002
Beton-Recycling [t]	9,25%	1.286.920	10,69%	1.424.473
Asphalt-Recycling [t]	0,28%	1.082.459	-0,68%	1.075.105
Mineralischer Bauschutt [t]	8,75%	1.476.793	8,46%	1.601.688
Baustellenabfälle [t]	26,36%	80.169	-12,63%	70.042
Kontaminierte Böden + Sonstiges [t]	-24,01%	857.384	0,39%	860.759
SUMME [Tonnen]	-0,49%	4.783.725	5,19%	5.032.068

In der OECD-Studie „recycling strategies for road works“ [31] wurde aufgezeigt, dass in vielen anderen Ländern bei weitem mehr als nur mineralische Baurestmassen recycelt werden. So kommen beispielsweise auch Schlacken, Asche oder Altreifen zum Einsatz. Dies ist jedoch kontraproduktiv, da auch die so entstandenen neuen Schichten früher oder später zu einer Recyclierung anstehen, was dann zu Problemen führen kann. Von einem wirklichen Stoffkreislauf kann dabei wohl nur sehr eingeschränkt gesprochen werden. Diese Arbeit beschränkt sich daher nur auf die Recyclierung von mineralischen Baurestmassen exklusive industrieller Nebenprodukte (z.B. Schlacken und Asche).

4 ÖSTERREICHISCHE GESETZE, TECHNISCHE REGELWERKE UND VORSCHRIFTEN MIT EINFLUSS AUF DIE BAUSTOFF-RECYCLING-WIRTSCHAFT BZW. AUF DIE UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPARAMETER

In diesem Kapitel werden die relevanten Regelwerke und Gesetze Österreichs mit Bezug auf Recycling-Baustoffe angeführt. Da der Einfluss auf die Recycling-Wirtschaft ein weit verzweigter ist, wurden die unterschiedlichen Vorgaben gegliedert in:

- Bundesgesetze und Verordnungen
- Gesetze der Länder
- Normen
- Weitere Regelwerke

4.1 BUNDESGESETZE UND VERORDNUNGEN

Folgende Regelwerke sind österreichweit gültig und haben Einfluss auf das Baustoff-Recycling:

- Österreichisches Wasserrechtsgesetz
- Bundesabfallwirtschaftsgesetz
- Baurestmassentrennverordnung
- Deponieverordnung
- Altlastensanierungsgesetz
- Abfallnachweisverordnung
- Festsetzungsverordnung
- Grundwasserschwellenwertverordnung
- Verordnung Mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen
- ÖA-Baustoffliste

Im Folgenden werden diese näher erläutert.

4.1.1 Österreichisches Wasserrechtsgesetz BGBl. 1959 / 215

Das Österreichische Wasserrechtsgesetz [42] aus dem Jahre 1959 mit all seinen Novellen und Anhängen findet hier Erwähnung, da, bezogen auf den Untergrund, das Wasser das oberste Schutzgut ist das zu beachten ist, und somit alle Regelwerke sich an den Vorgaben zu orientieren haben. Es war zum Beginn der Baustoff-Recycling Branche in Österreich das einzige Gesetz, dass auf diese Sparte Einfluss hatte.

4.1.2 Bundesabfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) BGBl. 2002 / 102

Das Bundesabfallwirtschaftsgesetz 2002 [14] vom 16. Juli 2002 bildet das Herzstück bezüglich Vermeidung, Verwertung und Behandlungsmaßnahmen von Abfällen.

Hierbei sind im konkreten Fall sowohl die drei Grundsätze

- Abfallvermeidung: entweder primär (gar nicht produzieren) oder sekundär (beispielsweise durch Wiederverwendung)
- Abfallverwertung: Recycling, stoffliche Verwertung, energetische Verwertung
- Abfallentsorgung: Vorbehandlung vor Deponierung; Ablagerung nach Stand der Technik

sowie die Definition des Begriffes Abfall (siehe 2.1) zu erwähnen.

Die Ziele die durch das AWG 2002 erreicht werden sollen, sind:

- Schonung der Rohstoff- und Energiereserven
- Geringstmögliche Gesamtbelastung und Risiko für die Umwelt
- Minimierung des Deponieverbrauches
- Vorsorgeprinzip für folgende Generationen

Die bereits oben angesprochene Schonung von Deponieraum durch Verwertung wurde für den Baubereich in einer eigenen Bestimmung in Paragraph 16 Abs. 7 aufgenommen:

Für Abfälle, die im Zuge von Bautätigkeiten anfallen, gilt:

1. Verwertbare Materialien sind einer Verwertung zuzuführen, sofern dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist und dies nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist.

2. Nicht verwertbare Abfälle sind einer Behandlung im Sinne des § 1 Abs. 2 Z 3 zuzuführen.

Im Bezug auf die Umweltverträglichkeit von Recycling-Material im Speziellen enthält das AWG 2002 keine Angaben.

4.1.3 Baurestmassentrennverordnung (VO Bauschutt) BGBl. 1991/259

Diese Verordnung ist mit 1. Jänner 1993 in Kraft getreten und hat für das Recycling insofern Relevanz, als dass anfallende Materialien infolge von Bau- oder Abbruchtätigkeiten getrennt werden müssen, sobald sie festgelegte Mengenschwellen überschreiten (Tabelle 4-1) [43].

Tabelle 4-1 Mengenschwellen für die Trennung nach Stoffgruppen [43]

Stoffgruppe	Mengenschwelle
Bodenaushub	20 t
Betonabbruch	20 t
Asphaltaufbruch	5 t
Holzabfälle	5 t
Metallabfälle	2 t
Kunststoffabfälle	2 t
Baustellenabfälle	10 t
mineralischer Bauschutt	40 t

Besonders festgehalten ist in § 1 Abs. 2:

„..... Die Trennung ist so vorzunehmen, dass eine Verwertung der einzelnen Stoffgruppen möglich ist.“

Eine Nichtverwertung ist nur dann zulässig, wenn, insbesondere durch lange Transportwege, mit unverhältnismäßigen Kosten zu rechnen ist. Näher definiert wurde „unverhältnismäßig“ 1993 durch einen Erlass des Umweltministeriums, in dem festgehalten wird, dass es zumutbar ist, wenn im Umkreis von 50 km ab Anfallort eine Verwertungsanlage angefahren werden kann und die Kosten der Verwertung gegenüber einer ortsüblichen Deponierung 25 % der Entsorgungskosten nicht überschreiten.

Von jeglicher Mengenschwellenregelung oder Kostenfrage ausgenommen sind gefährliche Abfälle und Altöle; diese müssen jedenfalls getrennt und behandelt werden.

Wenn man die Schwellenwerte betrachtet, so ist es bezogen auf den Straßenbau klar, dass praktisch bei jeder Bautätigkeit getrennt werden muss.

In Verbindung mit dem AISAG (siehe 4.1.5) stellt sich weiters heraus, dass Deponieren nur in sehr wenigen Fällen kostengünstiger ist.

4.1.4 Deponieverordnung (DeponieVO) BGBl. 1996 / 164

In dieser Verordnung wird die Ausstattung und Betriebsweise der Ablagerung von Abfällen auf Deponien (mit der Ausnahme von Untertagedeponien) geregelt [44]. Gleichzeitig sind durch Grenzwerte die Qualitätsanforderungen an die abzulagernden Stoffe festgelegt. Im Gesetzblatt aus dem Jahre 1996 sind vier Deponietypen aufgelistet:

- Bodenaushubdeponie: für unbelasteten Bodenaushub
- Baurestmassendeponie: für Gemenge von bei Bau- oder Abbrucharbeiten anfallende Materialien (Aushub, Asphalt, Beton, mineralischer Bauschutt)
- Reststoffdeponie: wie der Name schon sagt für Reststoffe, die die entsprechenden Grenzwerte einhalten
- Massenabfalldeponie: für das Bauwesen nur dann relevant, wenn Baumischabfälle oder stark belastete Böden anfallen.

Bei Betrachtung der vier Typen ist bereits festzustellen, dass der Abfall aus dem Baubereich einen großen Teil des Gesamtanteils (nämlich rund 57 Prozent) ausmachen muss, da zwei Deponietypen danach benannt sind.

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter (z.B. pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Aluminium,..) sind in Tabelle 9-1 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.1.5 Altlastensanierungsgesetz (AISAG) BGBl. 1989 / 299

Das Gesetz [45] ist erstmals am 1. Juli 1989 in Kraft getreten und wurde seitdem mehrmals novelliert.

Sinn dieses Gesetzes ist die Finanzierung von Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen bei bestehenden und künftigen Altlasten.

Es legt Beiträge je angefangene Tonne für die unterschiedlichen Stoffe fest (Altlastensanierungsbeitrag), die auf den jeweilig vorgesehenen Deponietyp abgelagert werden sollen sowie (seit der Novelle 1996) auch die Anforderungen an die Ausstattung von Deponien.

Mit den künstlich geschaffenen, zusätzlichen „Lenkungsabgaben“, die bei der Ablagerung von Baurestmassen auf Deponien entstehen (die immer wieder angehoben werden), werden zwei Ziele verfolgt: erstens die teilweise Kostendeckung für die Beseitigung bzw. Sanierungsmaßnahmen bei Altdeponien oder Altlasten und zweitens dient

sie zur „Abschreckung“, Baurestmassen ohne Aufbereitung zu deponieren oder wieder zu verwenden (= Förderung des Recycling-Gedankens).

Da der Altlastensanierungsbeitrag von dzt. 7,20 € je Tonne bis zu 65,00 € je Tonne, abhängig von der Abfallart und dem Deponietyp, sehr unterschiedlich festgelegt ist, ist eine korrekte Bezeichnung des zu deponierenden Materials in der Ausschreibung Voraussetzung für eine richtige Kalkulationsgrundlage.

Besonders deutlich wird dies beispielsweise bei Böden, die vor dem Inkrafttreten der Änderungsklauseln in der Deponieverordnung und in der Wasserrechtsgesetznovelle Deponien mit „Eluatklasse Ia“ bezeichnet wurden und daher altlastenbeitragsfreie Materialien waren. Jetzt kann aufgrund der Altlastenregelungen und der Grenzwertfestlegungen der Deponieverordnung seit 1. Jänner 1998 eine Beitragspflicht in der Höhe von 21,80 € je Tonne entstehen. Ein daraus folgender erheblicher finanzieller Mehraufwand ist schon bei mittleren Baustellengrößen unabwendbar (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2 Altlastensanierungsbeiträge in € pro Tonne [45]

Material	ab 1. Jänner 1999 [€/Tonne]	ab 1.Jänner 2001 [€/Tonne]	ab 1.Jänner 2004 [€/Tonne]	Erhöhung 1999 -2004 [€/Tonne]
Baurestmassen	5,80	7,20	7,20	+1,40
verunreinigter Bodenaushub	5,80	14,50	21,80	+16,00
übrige Abfälle	29,00	43,60	65,00	+36,00

Bei der Deponierung auf nicht ausreichend gedichteten Deponien wird der Altlastensanierungsbeitrag um einen Zuschlag erhöht (Tabelle 4-3).

Tabelle 4-3: Zuschläge zum Altlastensanierungsbeitrag für nicht ausreichend gedichtete Deponien [45]

Material	Zuschlag [€/Tonne]
Baurestmassen	2,10
Baurestmassenähnliche Abfälle	14,50
Übrige Abfälle	29,00

4.1.6 Abfallnachweisverordnung (AbfallnachweisVO) BGBl. 1991 / 65

Am 15. Februar 1991 in Kraft getreten, regelt die Abfallnachweisverordnung [46] die Aufzeichnungs-, Melde- und Nachweispflichten der Abfallbesitzer. Sie legt fest, dass jeder gewerbliche Abfallbesitzer jährlich Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib des Abfalls führen muss.

Die Bauwirtschaft hat hierzu ein eigenes Baurestmassennachweisformular entwickelt. Dieses ist vom Umweltministerium als Nachweis anerkannt.

4.1.7 Festsetzungsverordnung BGBl. 2000 / 178

Die am 1. März 1998 in Kraft getretene Festsetzungsverordnung [47] hat für diese Arbeit insofern Relevanz, da sie festlegt, welche Abfälle als gefährliche Abfälle (Stoffe, die auf Baustellen in erheblichem Ausmaß z.B. bei Abbrucharbeiten (Asbest, haustechnische Anlagen wie Kühlmaschinen, ölverunreinigte Böden, ...)) auftreten können bzw. als Problemstoffe im Sinne des AWG gelten und somit mit einer Abfall-Schlüsselnummer zu versehen sind. Die in ihr angegebenen Grenzwerte wurden deshalb nicht in diese Arbeit aufgenommen.

Sie legt weiters „ex lege“ fest, dass Bodenaushub im Bereich von Altlasten, Unfallbereichen und gewissen Betriebsstandorten, wie z.B. Tankstellen und Raffinerien, als gefährlicher Abfall gilt.

Das Ausstufungsverfahren¹ und die damit in Verbindung stehenden Formalitäten (z.B. Fristen) sind sowohl in kostenmäßiger als auch terminlicher Hinsicht zu berücksichtigen.

4.1.8 Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV) BGBl. 1991 / 502

Die Grundwasserschwellenwertverordnung [48], gültig seit 17. September 1991, liefert Maßzahlen für die Beurteilung der Messwerte eines zur Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit verwendeten physikalischen, chemischen oder mikrobiologischen Parameters. Die Grenzwerte sind ausgelegt auf die Überwachung, ob das untersuchte Grundwasser für Zwecke der Trinkwassergewinnung noch geeignet oder schon gefährdet ist. Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 9-2 des Tabellenanhangs ersichtlich.

¹ Unter dem Ausstufungsverfahren versteht man jenes Verfahren zum Nachweis, dass ein bestimmter Abfall, der gemäß § 3 der Festsetzungsverordnung als gefährlich gilt, im Einzelfall nicht gefährlich ist.

4.1.9 Verordnung Mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen (BGBl. 2002/472)

Diese Verordnung [38] wurde in die Arbeit aufgenommen, da gerade im Straßenbau oft mobile Anlagen zum Einsatz kommen.

Das zentrale Anliegen der Verordnung ist die (einmalige) Genehmigung mobiler Anlagen gemäß §52 des AWG 2002. Somit soll gewährleistet werden, dass gemäß § 43 AWG 2002:

1. Das Leben und die Gesundheit des Menschen nicht gefährdet werden.
2. Die Emissionen von Schadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik begrenzt werden.
3. Nachbarn nicht durch Lärm, Geruch, Rauch, Staub, Erschütterung oder in anderer Weise unzumutbar belästigt werden.
4. Das Eigentum und sonstige dingliche Rechte der Nachbarn nicht gefährdet werden; unter einer Gefährdung des Eigentums ist nicht die Möglichkeit einer bloßen Minderung des Verkehrswertes zu verstehen.
5. Die beim Betrieb der Behandlungsanlage nicht vermeidbaren anfallenden Abfälle nach dem Stand der Technik verwertet oder – soweit dies wirtschaftlich nicht vertretbar ist – ordnungsgemäß beseitigt werden.

Somit wird es auch hierfür notwendig, Aufbruchtätigkeiten genau vorzuplanen und rechtzeitig einzureichen, um die Anlage genehmigen zu lassen. Mobile Anlagen dürfen bei einer Genehmigung maximal 6 Monate an einem Ort aufgestellt werden, was bei größeren Tiefbauvorhaben zu einem Zeitproblem werden kann.

Von einem Einsatz von mobilen Anlagen im Straßenbau ist dann abzugehen, wenn die Anlage nicht über eine Vorabsiebung verfügt, da voraussichtlich die jeweils geforderten Sieblinien nicht eingehalten werden können. Zudem finden sich die höchsten Schadstoffbelastungen im Feinmaterial wieder. Deshalb verbieten manche ausländischen Regelwerke auch generell die Verwendung der Feinanteile, wie beispielsweise die Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle [41] des BUWAL (siehe 5.3.1), bei der bei der Aufbereitung von Mischabbruch (Gemisch von ausschließlich mineralischen Bauabfällen von Massivbauteilen wie Beton, Ziegel oder Naturstein) der Feinanteil < 8 mm abzusieben ist und einer separaten Behandlung zugeführt oder abgelagert wird.

So sehr der Vorteil der mobilen Anlagen darin besteht, dass die Transportwege reduziert werden, kann es problematisch werden, falls Material, das belastet ist und dies

erst bei einer Laboranalyse festgestellt wird, bereits längst wieder eingebaut ist. Ohne eine unverhältnismäßig teure und umfangreiche bis unmöglich durchführbare Dokumentation des Einbaues ist das Wiederauffinden praktisch unmöglich.

4.1.10 ÖA-Baustoffliste, ÜA-Zeichen

Die ÖE- und die ÖA-Baustoffliste [40], in Kraft getreten am 1. November 2001 (mit Ausnahme des Burgenlands), ist die österreichische Umsetzung der europäischen Bauprodukten-Richtlinie, mit der das Ziel verknüpft ist, einen Binnenmarkt für Bauprodukte zu schaffen.

Die ÖE-Baustoffliste, herausgegeben vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) im Jahre 2002, beinhaltet jene Produkte, die CE-gekennzeichnet sind und den österreichischen Bauordnungen entsprechen.

Die ÖA-Baustoffliste hingegen stellt eine Übergangslösung für all jene Baustoffe dar, für die es noch keine Norm (CE-Zeichen) gibt. Das CE-Zeichen regelt jedoch nur, ob ein Bauprodukt grundsätzlich brauchbar ist, die Baustoffliste des Institutes für Bautechnik legt jedoch fest, ob ein Bauprodukt für bestimmte Verwendungszwecke geeignet ist. Die 2. Ausgabe der Baustoffliste ÖA wurde mit Datum 15. Dezember 2002 erlassen.

Optisch dokumentiert und damit für den Verwender der Baustoffe kenntlich wird die Erfüllung dieser Anforderungen mit dem Einbauzeichen ÜA (Abbildung 4-1), welches an den Produkten in geeigneter Form anzubringen ist. Grundlage für die Anbringung des Einbauzeichens ÜA durch den Hersteller ist die Vorlage eines positiven Übereinstimmungszeugnisses bzw. einer Herstellererklärung.



Abbildung 4-1 Das ÜA-Zeichen der ÖA-Baustoffliste [57]

Für den Recycling-Sektor sind bis dato nur zwei Positionen vorgesehen (Oberkategorie 1 für Ausgangsprodukte, Unterkategorie 6 für Recycling-Baustoffe für den Straßenbau):

- Unter 1.6.1 Recycling-Baustoffe für ungebundene Tragschichten
- Unter 1.6.2 Recycling-Baustoffe für gebundene (zementstabilisierte Tragschichten)

Auch hier ist erkennbar, dass beispielsweise von einer Verwendung von Recycling-Baustoffen als Deckschicht Abstand genommen wird.

Grundsätzlich ist jedoch festzustellen, dass in Österreich die Zertifizierung mittels ÜA-Zeichen für Recycling-Baustoffe nur sehr zaghaft angenommen wird. Dafür spricht auch, dass derzeit nur 17 Genehmigungen von 15 Recycling-Betrieben im Verzeichnis der Hersteller registriert sind [57]. Dass man jedoch das ÜA-Zeichen auch für Werbezwecke und als Qualitätssiegel vermarkten kann, zeigt ein Beispiel aus einer anderen Sparte (Abbildung 4-2).



Abbildung 4-2 Werbung mit ÜA-Zeichen für ein Kaminsystem [88]

Ändern wird sich diese Situation für den Recycling-Sektor, wenn das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) als größter öffentlicher Auftraggeber, oder aber auch andere Auftraggeber, künftig verlangen, dass nur jene Produkte zum Einsatz kommen dürfen, die das ÜA-Zeichen besitzen (ähnlich beispielsweise in Südtirol, siehe 5.3).

Für die Recycling-Anlagenbetreiber wäre es dann jedoch sinnvoll, gleichzeitig das Güteschutzzeichen für Recycling-Baustoffe gemäß der Richtlinie für Recycling-Baustoffe (siehe 5.1.1) zu beantragen, da diese Richtlinie die Grundlage für die Untersuchungen für das ÜA-Zeichen darstellt, das Güteschutzzeichen für Recycling-Baustoffe jedoch auf einem Bundesgesetz basiert und somit die Anwendung nicht nur auf den Straßenbau beschränkt ist.

In Bezug auf Parameter und Grenzwerte liefert die Baustoffliste keine Neuerungen, da sie sich bei den beiden Unterkategorien, die sich mit Recycling-Material im Tiefbau beschäftigen, wie eben erwähnt auf die Richtlinie für Recycling-Baustoffe des BRV bezieht (siehe 5.1.1).

Da ein Aspekt der ÖA-Baustoffliste ist, dass nur jene Produkte in Österreich zum Einsatz kommen, die die Umwelt nicht gefährden, ist sie für diese Arbeit eine weitere Grundlage für die Definition des Begriffes Umweltverträglichkeit.

4.2 GESETZE DER LÄNDER

Hier sind lediglich die Abfallwirtschaftsgesetze und Bodenschutzgesetze der Bundesländer zu erwähnen. Ihr Einfluss auf die Recycling-Wirtschaft sind jedoch weit geringer als jener der Bundesgesetze.

4.2.1 Abfallwirtschaftsgesetze der Länder

Alle Bundesländer haben nach heutigem Erhebungsstand eigene Abfallwirtschaftsgesetze erlassen, die subsidiär zum AWG des Bundes gelten und diverse Ergänzungen und Zusatzbedingungen enthalten [49].

1. Wiener Abfallwirtschaftsgesetz, WAWG: LGBL 1994/13
2. Steiermärkisches Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 1991/5
3. Niederösterreichisches Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 1992/88
4. Burgenländisches Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 1994/10
5. Salzburger Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 35/1999
6. Vorarlberger Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 58/1990
7. Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 50/1990
8. Oberösterreichisches Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 86/1997
9. Kärntner Abfallwirtschaftsgesetz: LGBL 34/1994

Diese wurden teilweise schon gemäß den Forderungen des Bundesabfallwirtschaftsgesetzes neu geordnet bzw. angepasst. Bezüglich der Vereinheitlichung lassen sich einige grundlegende Trends und Gegebenheiten, aber auch Problembereiche feststellen, wie etwa große Differenzen bei einzelnen Begriffsbestimmungen. Problematisch ist außerdem die extrem uneinheitliche Auslegung im Vollzug der Gesetze, was leider zu völlig unterschiedlichen abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen innerhalb Österreichs führt. Hier ist, auch in Bezug auf die Verwendung von Recycling-Materialien, dringender Handlungsbedarf gegeben.

4.2.2 Österreichische Bodenschutzgesetze der Länder

"Bodenschutz" wurde – als Teilbereich des Umweltschutzes – durch das Bundesverfassungsgesetz über den umfassenden Umweltschutz (BGBL 1984/491) zum Staatsziel erklärt, wobei aus verfassungsrechtlicher Sicht der Boden ein Umwelt(Schutz-)gut darstellt [49].

In kompetenzrechtlicher Hinsicht ist die Staatsaufgabe "Bodenschutz" jedoch eine "Querschnittsmaterie", d. h., dass weder der Bund noch die Länder auf diesem Gebiet eine Gesamtzuständigkeit besitzen. Bodenschutzrelevante Bestimmungen stammen aus verschiedenen Zeiten und dienen unterschiedlichsten Zwecken, womit sich das Bodenschutzrecht in Österreich als "Regelungsmosaik" darstellt [93].

Für die Bodenschutzgesetze der Länder gilt Ähnliches wie im Kapitel 4.2.1. Auch hier kann die Vielfalt ein rechtssicheres und bundeseinheitliches Verwerten von mineralischen Baurestmassen gefährden. Eine Auflistung der vorhandenen Landesgesetze:

1. Wiener Bodenschutzgesetz (noch in Ausarbeitung)
2. Steiermark: Landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz LGBL 1987/6 (Bodenschutzprogrammverordnung LGBL1987/87)
3. Niederösterreichisches Bodenschutzgesetz: LGBL 2001/207 (6160 –3)
4. Burgenländisches Bodenschutzgesetz: LGBL 1990/87 idF LGBL 2001/32
5. Salzburger Bodenschutzgesetz: LGBL 2001/80
6. Tirol: Feldschutzgesetz 2000 LGBL 2002/56
7. Oberösterreichisches Bodenschutzgesetz LGBL 1991/115 idF LGBL 2002/25

Eine Vereinheitlichung bzw. Zusammenlegung wäre förderlich, um einen länderüberschreitenden Verkauf von Recycling-Materialien zu gewährleisten, ohne immer darauf achten zu müssen, ob sich in einem einzelnen Bundesland die Rechtslage geändert hat.

4.3 NORMEN

Folgende österreichische Normen beinhalten Parameterlisten und dazugehörige Grenzwerte:

- ÖNORM L 1075 – Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden – ausgewählte Richtwerte
- ÖNORM S 2072 – Eluatklassen – (Gefährdungspotential) von Abfällen
- ÖNORM S 2088-1 – Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser
- ÖNORM S 2088-2 – Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Boden
- ÖNORM M 6250 – Öffentliche Trinkwasserversorgung – Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers

4.3.1 ÖNORM L 1075 – Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden – ausgewählte Richtwerte

Wie bereits im Titel der Norm [51] festgehalten, beinhaltet sie Richtwerte für landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden. Ausgeschlossen sind dabei sehr leichte Böden (Tongehalt $\leq 15\%$) und saure Böden (pH-Wert < 5), da hierüber zumindest damals (Erscheinungsdatum 1. Juni 1993) zu geringe Erfahrungen vorgelegen sind.

Auffallend bei dieser Norm ist, dass sie im Gegensatz zu anderen Regelwerken, in denen nur festgehalten wird, dass geogen bedingte Ausreißer „bis zum Grenzwert xy tolerierbar sind“, hier dezidiert angeführt ist:

„Elemente geogener Herkunft sind meist weniger löslich als solche aus anthropogenen Quellen; ihre toxische Wirkung ist daher normalerweise geringer.“

Diese Aussage, ohne weitere Angaben lässt einen großen Spielraum zu. Die angegebenen Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-5 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.3.2 ÖNORM S 2072 – Eluatklassen – (Gefährdungspotential) von Abfällen

Diese ÖNORM [52] diente zur Feststellung des Gefährdungspotentials von festen und pastösen Abfällen und damit zu ihrer Klassifizierung. Weiters konnte die Deponiefähigkeit und die Inhaltsstoffe eines Abfalls beurteilt werden. Ausgeschlossen waren Abfälle, die nach den Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung entsorgt werden müssen. Nach gescheiterten Versuchen im Jahre 1997, die ÖNORM zu adaptieren, wurde sie im Jahre 2002 ersatzlos zurückgezogen.

Die Unterteilung der Abfälle erfolgte mittels nachstehender Tabelle in vier verschiedene Eluatklassen (I, II, III, IV), wobei:

- Eluatklasse I (Ic, Ia, Ib)
gewährleistet, das Grundwasser hinsichtlich seiner Nutzbarkeit als Trinkwasser nicht nachteilig zu beeinflussen (Ic darf unterhalb des höchsten jemals gemessenen Grundwasserstandes abgelagert werden)
- Eluatklasse II (IIa, IIb)
lässt Sickerwasser erwarten, das nach einfacher Aufbereitung einem Vorfluter zugeführt werden kann.
- Eluatklasse III (IIIa, IIIb)
lässt Sickerwasser erwarten, das direkt in eine Kanalisation mit angeschlossener biologischer Abwasserreinigung eingeleitet werden kann, oder derart aufbereitet werden kann, damit es dieser Anforderung entspricht (Kanalgrenzwerte)
- Eluatklasse IV
klassifiziert Abfälle, deren Eluat die Grenzwerte der Klasse IIIb überschreiten; sie sind einer Behandlung zu unterziehen, d.h. zu konditionieren (z.B. zu verfestigen); das Eluat des verfestigten Abfalls darf anschließend die Grenzwerte der Eluatklasse IIIb nicht überschreiten; Abfälle der Eluatklasse IV sind generell von einer Deponierung auszuschließen.

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-6 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.3.3 ÖNORM S 2088-1 – Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser

Mit Hilfe dieser Norm [53] soll es möglich gemacht werden, die Risiken für das Grundwasser abzuschätzen, die von Altlasten ausgehen. Sie bietet somit die Grundlage für die Auswahl der ökologisch notwendigen Maßnahmen zur Minderung bzw. Behebung.

Dabei kann in direkte und indirekte Gefahren unterschieden werden, wobei besonders die

- Beeinflussung der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Grundwassers
- Mikrobiologische Beeinträchtigung des Grundwassers
- Beeinträchtigung der Schutz- und Filterfunktion der überdeckenden bzw. der waserführenden Bodenschichten

- Nachteilige Veränderung der Neubildung und der Selbstreinigungskraft des Grundwassers

zu erwähnen ist.

Zur Abschätzung des Gefahrenpotentials wurden Orientierungswerte für das Eluat und die Gesamtgehalte des, die Altlast umgebenden Materials bzw. Bodens angeführt (siehe Tabelle 10-7).

Die Prüfwerte stellen jene Schwelle dar, ob weiter untersucht bzw. erhoben werden muss oder nicht. Bei Überschreitung der Maßnahmenschwellenwerte ist von einer Gefährdung des Grundwassers auszugehen.

Weiters kann durch eine Untersuchung des Grundwassers in der Umgebung auch eine Beurteilung der Schadstoffausbreitung erfolgen. Hierzu dienen die Orientierungswerte gemäß Tabellen 10-8 des Tabellenanhangs.

4.3.4 ÖNORM S 2088-2 – Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Boden

Diese Norm [54] ist aus dem gleichen Grund wie der erste Teil (Abschnitt 4.3.3) entstanden: um Gefahren abzuschätzen und daraus abgeleitet Maßnahmen zu setzen. Hier handelt es sich jedoch um das Schutzgut Boden und im Speziellen um landwirtschaftlich bzw. gärtnerisch genutzten Boden oder nicht-agrarische Ökosysteme (z.B. Landschaftspflege) und Böden, bei denen direkte Gefährdung durch orale Aufnahme möglich wäre (Kinderspielplätze, Sportplätze, Hausgärten).

Die konkreten Orientierungswerte sind in den Tabellen 10-9 und 10-10 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.3.5 Weitere ÖNORMen der Kategorie S

Alle weiteren ÖNORMen der Kategorie S, die sich mit dem Thema Abfallwirtschaft beschäftigen seien hier nur insoweit erwähnt, als dass diese die Grundlagen (Begriffsbestimmungen, etc.) für die oben angeführten Normen bilden; eine nähere Erläuterung im Rahmen dieser Diplomarbeit entfällt daher.

4.3.6 ÖNORM M 6250 – Öffentliche Trinkwasserversorgung – Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers

Diese ÖNORM [55] wurde am 1. März 1986 ausgegeben und mit 1. August 1993 zurückgezogen. Sie wurde trotzdem in die Arbeit mit aufgenommen, da sich hier die Entwicklung der Parameter ablesen lässt.

Obwohl Österreich zum damaligen Zeitpunkt noch nicht bei der Europäischen Gemeinschaft Mitglied war, wurde im Hinblick auf die Europäische Wasser-Charta, aber auch aufgrund der Festlegungen der World Health Organisation (WHO) „Regelungen für Trinkwasser“ eine Normenwerk geschaffen, dass sich mit den Anforderungen an das Trinkwasser bei einer öffentlichen Versorgung auseinandersetzt.

Diese Norm bildete somit auch für so manch anderes Regelwerk die Grundlage.

Ein Auszug aus den angegebenen Parametern (nur jene, die für diese Arbeit von Relevanz sind) sind in Tabelle 10-11 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.4 WEITERE REGELWERKE

Die weiteren Regelwerke, die im Rahmen der Arbeit berücksichtigt wurden, jedoch nicht den vorhergehenden Kategorien zugeordnet werden können:

- Freiwillige Vereinbarung über die Heranziehung von Recycling-Material
- Charta des Verbandes der europäischen Bauwirtschaft
- Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001
- Österreichisches Lebensmittelbuch
- Merkblatt Verwendung von Böden als Schüttung
- Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau

4.4.1 Freiwillige Vereinbarung über die Heranziehung von Recycling-Materialien

Diese freiwillige Vereinbarung [29], geschlossen am 2. Oktober 1990 zwischen dem Fachverband der Bauindustrie und der Bundesinnung der Baugewerbe als Interessensvertretung auf der einen Seite und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten als deren größter öffentlicher Auftraggeber auf der anderen Seite bildete seinerzeit eine Grundlage für den heutigen Recycling-Gedanken in den fachspezifischen Gesetzen. So wurden in der Vereinbarung eine Präambel festgelegt, die sich in einer Novelle des AWG 1990 wortwörtlich wiederfindet, aber auch Mengenschwellen festgelegt, die ein Jahr später in die VO Bauschutt mit wenigen Änderungen übernommen wurden.

Weiters wurde festgeschrieben, dass das Ministerium umweltgerecht ausschreibt und die Gesetze und Verordnungen dem Stand der Technik angepasst werden. Die Bauwirtschaft verpflichtete sich in dem Vertrag, den entsprechenden Markt für Recycling-Baustoffe zu schaffen und den Vorrang bei der Verwendung einzuräumen.

Abschließend sind Recycling-Zielquoten festgelegt worden, die heute bei weitem überschritten werden. Hier wäre es durchaus denkbar, durch eine neue Vereinbarung die Latte höher zu legen, um den Recycling-Gedanken zu forcieren.

Eine ähnlich lautende Charta existiert auch von der FIEC, dem Verband der europäischen Bauwirtschaft [83].

4.4.2 Charta des Verbandes der europäischen Bauwirtschaft "Ein Europa mit einer effizienten Bauwirtschaft für Umwelt und Beschäftigung", 26. Mai 2000, Luxemburg

Bei der FIEC handelt es sich um den Verband der Europäischen Bauwirtschaft, der über seine 29 nationalen Mitgliedsverbände in 22 Ländern (16 EU- & EFTA-Staaten, die Tschechische Republik, die Slowakei, Ungarn, Polen, Rumänien und Zypern) Bauunternehmen aller Größenordnungen vertritt, die alle Arten von Tätigkeiten im Hoch- und Tiefbausektor ausführen.

In dieser sechsseitigen Charta legt die FIEC mittels eines 12-Punkte-Programms fest, dass die Mitgliedsverbände einen aktiven Beitrag zugunsten der gegenwärtigen und der zukünftigen Generationen leisten wollen. Die Punkte lauten:

Artikel 1 – Verbesserung der Umweltleistung

Artikel 2 – Nachhaltige Bauwirtschaft

Artikel 3 – Alternativangebote

Artikel 4 – Umweltfreundliche Baustellen

Artikel 5 – Ausbildungsprogramme

Artikel 6 – Energieeffizienz in der bebauten Umwelt

Artikel 7 – Umweltmanagementsysteme

Artikel 8 – Erweiterung der Europäischen Union

Artikel 9 – Abfallwirtschaft

Artikel 10 – Schutz des europäischen Kulturerbes

Artikel 11 – "Internationale Erklärung zu einer saubereren Produktion"

Artikel 12 - "Global Compact" der Vereinten Nationen

Diese Charta setzt ein deutliches Zeichen, dass die Bauindustrie auch über die einzelnen Landesgrenzen hinweg gewillt ist, ihren Beitrag für den Schutz unserer Umwelt zu leisten.

4.4.3 Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001 – Teilband Leitlinien zur Abfallverbringung und Behandlungsgrundsätze

Dieser wurde am 28. Dezember 2001 vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erlassen [23]. Er wurde aufgrund der Aufforderung der EU mittels des Artikel 7 der Richtlinie über Abfälle (75/442/EWG) erstellt, um eine Erläuterung der Kriterien für die Zuordnung von Behandlungsverfahren für Abfälle und eine Festlegung von Behandlungsgrundsätzen für Abfallströme hoher Umweltrelevanz. Zu diesen gehören auch Bodenaushub und Erden, die für Rekultivierungs- und Verfüllungsmaßnahmen herangezogen werden dürfen.

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-3 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.4.4 Das Österreichische Lebensmittelbuch (Codex Alimentarius Austriacus)

Bereits 1917 wurde erstmals ein Kapitel über Trinkwasser und Eis im Lebensmittelbuch veröffentlicht. Im momentanen österreichischen Lebensmittelbuch Teil B1 [50] werden die Anforderungen an Trinkwasser geregelt. Dieser Teil wurde im Juli 2002 vollkommen überarbeitet neu aufgelegt. Aufbauend auf der Österreichischen Trinkwasserverordnung, deren Grenzwerte in dieser Arbeit nur insofern aufgenommen wurden, als dass sie jenen der EU-Vorgabe vollinhaltlich entsprechen, definiert der Codex weitergehende Qualitätskriterien im Trinkwasserbereich, da die hohe Qualität des österreichischen Trinkwassers sonst nicht aufrecht zu erhalten wäre. Der Codex liefert somit auch eine erste Vorgabe an das Schutzgut Wasser bei der Verwendung von Recycling-Baustoffen.

Ein Auszug aus der Parameterliste sind in Tabelle 10-4 des Tabellenanhangs ersichtlich.

4.4.5 Merkblatt Verwendung von Böden als Schüttung des Fachverbandes der Bauindustrie

Dieses Merkblatt [56] wurde vom Fachverband der Bauindustrie am 1. Juni 1998 aufgelegt, um das bisherige Problem zu minimieren, dass es zwar viele Aktivitäten im Bereich der Verwertung von ausgehobenen Böden gab, aber keine bundeseinheitlichen Regelungen und somit die Beteiligten vor dem Problem standen, nicht zu wissen, ob sie im jeweiligen Bundesland den abgetragenen Boden bei einem Einbau als Schüttung unter Beachtung aller umweltrechtlichen und bautechnischen Anforderungen sachgemäß verwenden.

Für den Einbau wird in 5 Kategorien unterschieden:

Kategorie 0: Uneingeschränkter Einbau

Böden, die den Grenzwerten der Kategorie 0 entsprechen, können auch für Schüttungen unterhalb des höchsten, jemals gemessenen Grundwasserspiegels plus 1m (HHGW + 1) verwendet werden.

Die inerten mineralischen Fremdanteile dürfen maximal 5 Vol.% betragen, sofern sie beim Aushub anfallen.

Kategorie 1: Offener uneingeschränkter Einbau an empfindlichen Standorten oberhalb des Grundwasserspiegels (HHGW + 1m)

In wasserrechtlich besonders geschützten Gebieten im Sinne der §§ 34, 35, 37, 54 Wasserrechtsgesetz 1959 ist dieses Material für den Einbau geeignet.

Die inerten mineralischen Fremdanteile dürfen maximal 5 Vol.% betragen, sofern sie beim Aushub anfallen.

Kategorie 2: Offener Einbau an durchschnittlich empfindlichen Standorten

Darunter fallen Standorte und Anwendungen wie:

- *erdbauliche Maßnahmen in Naturschutzgebieten*
- *Wege- und Kleinstraßenbau in Regionen geringer anthropogener Kontamination (z. B. Forst- und Bergstraßen)*
- *Verfüllungen von Materialentnahmestätten oberhalb des höchsten, jemals gemessenen Grundwasserspiegels plus 1 m*

Die inerten mineralischen Fremdanteile dürfen maximal 10 Vol.% betragen, sofern sie beim Aushub anfallen.

Kategorie 3: Offener Einbau an wenig empfindlichen Standorten

Anhand der lokalen Situation ist eine Begründung abzugeben hinsichtlich der geringen Empfindlichkeit des Standortes (hydrogeologisch günstiger Standort).

Darunter fallen Standorte und Anwendungen wie:

- *öffentliche Grünflächen (Parkanlagen), bis 0,5 m unterhalb der Oberfläche*
- *Sport- und Freizeitanlagen, bis 0,5 m unterhalb der Oberfläche*
- *Industrie- und Gewerbegebiete*
- *Verkehrsbauten und begleitende Erdbaumaßnahmen*
- *Erddämme*

An wenig empfindlichen Standorten, an denen die natürliche Hintergrundbelastung einschließlich der allgemein vorhandenen anthropogenen Zusatzbelastung über den Grenzwerten der Kategorie 3 liegt, ist die Verwertung von standort eigenem Boden bis zu Kategorie 4 möglich.

Die inerten mineralischen Fremddanteile dürfen maximal 10 Vol.% betragen, sofern sie beim Aushub anfallen.

Kategorie 4: Geschlossener Einbau an wenig empfindlichen Standorten

Anhand der lokalen Situation ist eine Begründung abzugeben hinsichtlich der geringen Empfindlichkeit des Standortes (hydrogeologisch günstiger Standort).

Unter geschlossenem Einbau wird der Einbau unter einer gering wasserdurchlässigen Deckschicht verstanden (z.B. Asphalt- oder Betondecke oder mineralische Oberflächenabdichtung).

Die inerten mineralischen Fremddanteile dürfen maximal 10 Vol.% betragen, sofern sie beim Aushub anfallen.

Die Grenzwerte im Anhang des Merkblattes sind in Tabelle 10-12 des Tabellenanhangs angeführt.

4.4.6 Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau – RVS

Diese von der Österreichischen Forschungsgemeinschaft für Straße und Verkehr (FSV) herausgegebenen Richtlinien [39] sind das wichtigste Regelwerk für den österreichischen Straßenbau. Praktisch alle öffentlichen Straßen werden gemäß diesen Regelungen errichtet. Alle bisherigen RVS (mit Ausnahme der Merkblätter) wurden vom zuständigen Bundesminister als verbindlich für die nunmehrigen Landesstraßen B (vormals als Bundesstraßen definiert) erklärt.

In einigen dieser Richtlinien wird auf die Verwendung von Recycling-Material hingewiesen bzw. sind diese von spezieller Bedeutung für Recycling-Baustoffe.

- **RVS 1.112 und 1.113 Grundlagen; Begriffsbestimmungen; Bautechnik bzw. Asphalttechnik; Ausgaben September 1984/Juni 2003:**

In diesen Übersichten werden unter anderem die verwendeten Begriffe in Bezug auf Recycling angeführt.

- **RVS 3.63 Bautechnische Details; Oberbaubemessung; Ausgabe Oktober 1998**

In diesem Teil wird der allgemeine Aufbau einer Straße erläutert (Abbildung 4-3), die Anforderungen definiert und die Berechnung der einzelnen Oberbauschicht-Dicken angeführt.

Aufgrund der Lastklassen und Bemessungsnormlastwechsel kann getrennt nach bituminös oder hydraulisch gebundenen Schichten aus einer Tabelle der geeignete Aufbau herausgelesen werden. Besonders bei der Tabelle für Oberbauten mit bituminösen Befestigungen ist Bautype 3 wichtig (Abbildung 4-4), bei der eine ungebundene obere Tragschicht aus recycliertem gebrochenen oder gefrästen Asphaltgranulat RA zum Einsatz kommt. Bei der Bemessungstabelle für Betonfahrbahnen (Abbildung 4-5) ist kein dezidierte Hinweis für Recycling-Beton, jedoch auch kein Verbot.

Anm.: In manchen ausländischen Regelwerken ist der Einbau von Recycling-Material in praktisch allen Aufbauschichten erlaubt, sofern die bau- und umwelttechnischen Eigenschaften erfüllt werden (beispielsweise in Südtirol). In Österreich ist der Einsatz maximal bis zur oberen Tragschicht gestattet.

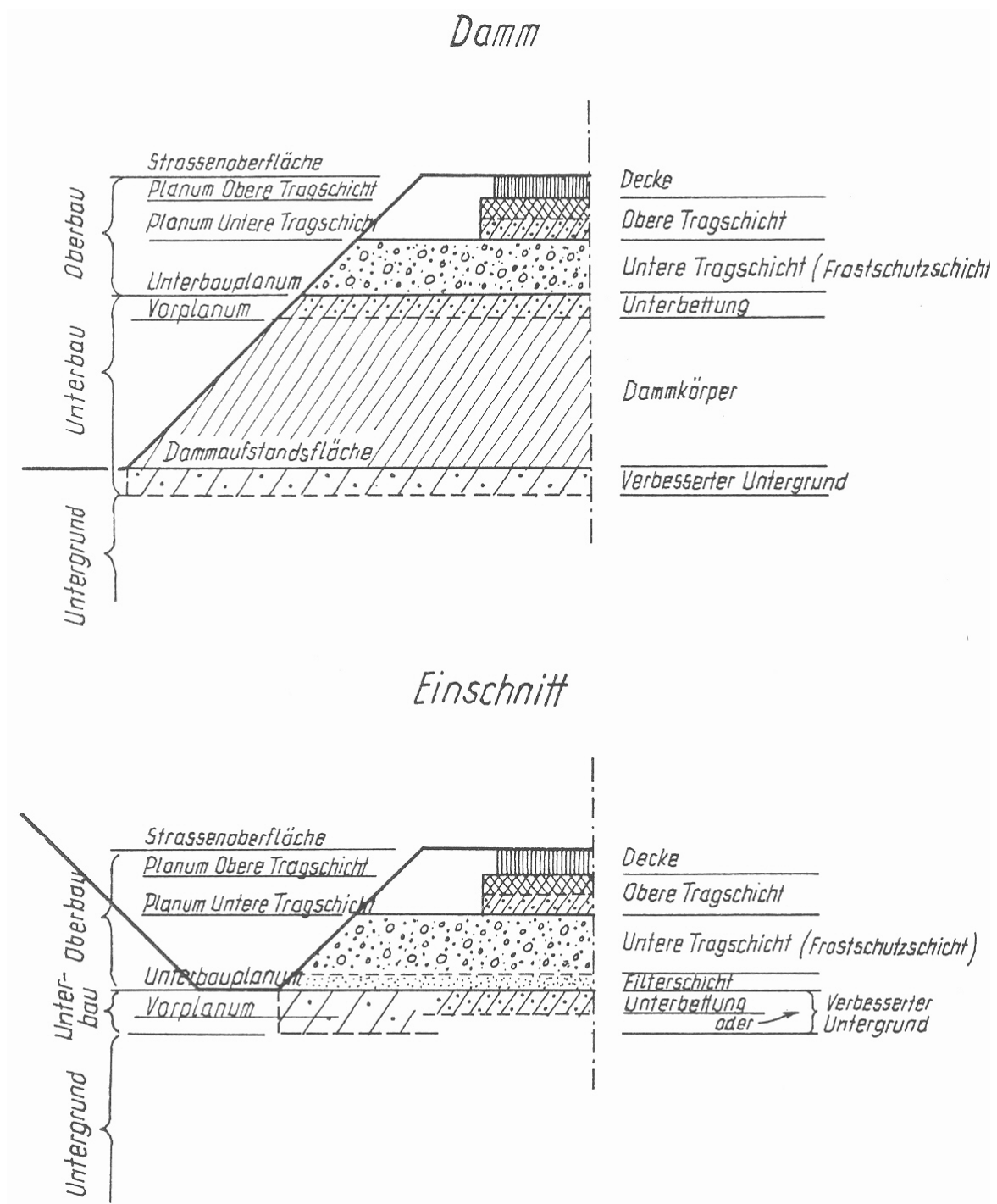
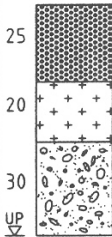
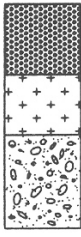
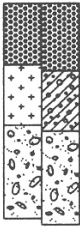
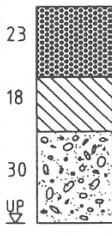
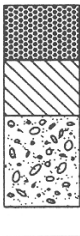
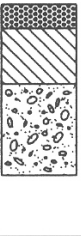
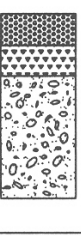
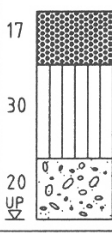
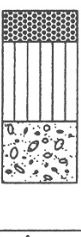


Abbildung 4-3 Beispiel eines Straßenaufbaus nach RVS 3.63 (Systemskizze) [39]

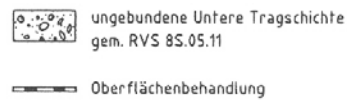
	bituminöse Tragschichte und Decke gemäß einschlägigen RVS (sh. auch Pkt. 3)		ungebundene Obere Tragschichte gem. RVS 8.512, Zentralgemischte Kantkörnung
	ungebundene Obere Tragschichte aus recyceltem gebrochenen oder gefrästen Asphaltgranulat RA		zementstabilisierte Tragschichte gem. RVS 8.05.13
	ungebundene Obere Tragschichte gem. RVS 8S.05.11, Rundkörnung		ungebundene Untere Tragschichte gem. RVS 8S.05.11
	ungebundene Obere Tragschichte gem. RVS 8S.05.11, Kant- oder Brechkörnung		

Lastklasse (n = 20 Jahre)	S	I	II	III	IV	V
BNLW in Mio.	> 10 bis 25 ¹⁾	> 4 bis 10	> 1,3 bis 4	> 0,4 bis 1,3	> 0,1 bis 0,4	≤ 0,1 ²⁾
Bautype 1	cm 25 20 30 UP 	cm 23 20 30 UP 	cm 20 20 30 UP 	cm 16 20 30 UP 	cm 13 20 30 UP 	cm 10 20 30 UP 
Bautype 2 ³⁾	cm 23 18 30 UP 	cm 21 18 30 UP 	cm 18 18 30 UP 	cm 14 18 30 UP 	cm 11 18 30 UP 	cm 8 18 30 UP 
Bautype 3				cm 16 10 40 UP 	cm 13 10 40 UP 	cm 10 10 40 UP 
Bautype 4	cm 17 30 20 UP 	cm 15 30 20 UP 	cm 15 25 20 UP 	cm 10 25 20 UP 	cm 10 20 20 UP 	cm 5 20 20 UP 
$E_{vUP} \geq 35 \text{ MN/m}^2$						

Anmerkungen:

- 1) Für höhere Belastungen ist eine gesonderte Dimensionierung erforderlich.
- 2) Für untergeordnete Straßen und Wege kann eine weitere Unterteilung erfolgen.
- 3) Die Dickenfestlegungen für das Asphaltpaket gelten nur, wenn auf der ZGKK - Schichte der höhere Abnahmewert $E_{vUP} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ lt. RVS 8.512 erreicht wird. Ansonsten sind die entsprechenden Dickenwerte der Bautype 1 maßgebend.

Abbildung 4-4 Bemessungstabelle für Oberbauten mit bituminösen Befestigungen nach RVS 3.63
[39]



Lastklasse ¹⁾ (n = 30 Jahre)		S	I	II	III	IV	V
BNLW in Mio.		> 18 bis 40 ^{2) 3)}	> 6,5 bis 18 ²⁾	> 2,1 bis 6,5	> 0,6 bis 2,1	> 0,15 bis 0,6	≤ 0,15 ⁴⁾
Bautype 5	Betondecke auf ungebundener Tragschichte	Betondecke verdübelt				Betondecke unverdübelt	
Bautype 6	Betondecke auf zementstabilisierter Tragschichte	Betondecke verdübelt				Betondecke unverdübelt	
		Die Querneigung des Unterbauplanums ist gleich der der Fahrbahn auszuführen.					
		$E_{tUP} \geq 35 \text{ MN/m}^2$					

Anmerkungen (bezüglich der Festlegungen der Plattengeometrie siehe auch RVS 8S.06.32):

- 1) Bei ständigem randnahem Verkehr (Radspurmitte näher als 30 cm zum freien Betondeckenrand), häufigen Überfahrten des freien Betondeckenrandes bzw. häufigen Einbauten in der Betondecke, ist die Betondeckendicke der nächsthöheren Lastklasse zu wählen.
- 2) Bei einer Verkehrsbelastung über 10 Mio. BNLW darf die maximale Plattenlänge die 25fache Deckendicke nicht überschreiten.
- 3) Wird die Plattenlänge mit 6 m begrenzt, ist eine Bemessungsverkehrsbelastung bis zu 70 Mio. BNLW zulässig. Für höhere Belastungen ist eine gesonderte Dimensionierung erforderlich.
- 4) Für untergeordnete Straßen und Wege kann eine weitere Unterteilung erfolgen.

Abbildung 4-5 Bemessungstabelle für Oberbauten mit Betondecken nach RVS 3.63 [39]

- **RVS 8S.01.11 Baustoffe; Steinmaterial; Gesteinskörnungen für den Straßenbau; Ausgabe März 1993**

Dient zur Einteilung des Gesteinsmaterials entsprechend der Beschaffenheit der Kornoberfläche des Einzelkornes sowie der Körnungen.

- **RVS 8S.01.31 Baustoffe; wiederverwertbare Baustoffe; Asphaltgranulat; Ausgabe Oktober 1999**

Hier sind die Bedingungen für das Asphaltgranulat angegeben. Dazu muss festgestellt werden, dass die Grenzwerte für Inhaltsstoffe im Eluat von der damaligen 2. Auflage der Richtlinie des BRV übernommen wurden, welche bis zur 4. Auflage ihre Gültigkeit behielten. Eine Anpassung dieser RVS wäre nun sicherlich sinnvoll. Bei dieser RVS werden im Gegensatz zur BRV-Richtlinie (≤ 1 Masse-%) keinerlei Verunreinigungen zugelassen.

(Anm.: Auffallend bei dieser Regelung ist, dass in der Verbindlicherklärung im Gegensatz zum Titel der RVS der zutreffende Begriff der „Wiederverwendbarkeit“ verwendet wird; siehe dazu ausführlicher 0)

- **RVS 8S.01.41 Technische Vertragsbedingungen, Baustoffe, Asphalt; Anforderungen an Asphaltmischgut; Ausgabe November 2001**

Diese Regelung ist für alle Arten des Asphaltmischgutes gültig (somit auch für Recycling-Material).

- **RVS 8.01.60 Baustoffe; industrielle Nebenprodukte und wiederverwertbare Baustoffe für den Straßenbau; Allgemeine Anforderungen; Ausgabe Dezember 1990**

Liefert eine Übersicht über alle einsetzbaren industrielle Nebenprodukte und wiederverwertbare Baustoffe für den Straßenbau ohne speziellere Angaben (nur Verweise auf andere RVS-Richtlinien).

- **RVS 8S.05.11 Oberbauarbeiten (ohne Deckenarbeiten); Tragschichten; Ungebundene Tragschichten; Ausgabe April 2001**

Hier werden ungebundenen Tragschichten behandelt, deren Anteil an recyceltem Asphaltgranulat 50 Masse-% nicht überschreitet. Wenn dieser Grenzwert überschritten ist, so ist die RVS 8S.05.17 anzuwenden.

- **RVS 8S.05.12 Oberbauarbeiten (ohne Deckenarbeiten); Tragschichten; Mechanisch stabilisierte Obere Tragschichten (aus zentralgemischten Kantkörnungen); Ausgabe April 2001**

Allgemein gültig (nicht nur für Recycling-Material).

- **RVS 8S.05.13 Oberbauarbeiten (ohne Deckenarbeiten); Tragschichten; Zementstabilisierte Tragschichten; Ausgabe Juni 2002**

Allgemein gültig (nicht nur für Recycling-Material).

- **RVS 8S.05.17 Oberbauarbeiten (ohne Deckenarbeiten); Ungebundene Tragschichten mit Asphaltgranulat; Ausgabe Mai 2002**

Diese RVS ist speziell für Recyclingbaustoff RA entstanden. Von einer näheren Erläuterung wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch Abstand genommen, da dies den Rahmen sprengen würde.

- **RVS 8.24 Technische Vorschriften und Anleitungen für Erdarbeiten; Ausgabe November 1979**

Allgemein gültig (nicht nur für Recycling-Material).

- **RVS 8.626 Deckenarbeiten; bituminöse Decken; Wiederverwendung von Asphalt; Ausgabe April 1987**

Diese RVS ist speziell für Recyclingbaustoff RA entstanden. Von einer näheren Erläuterung wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch Abstand genommen, da dies den Rahmen sprengen würde.

- **RVS 8B.06.1 Beton-, Stahlbeton- und Mauerungsarbeiten; Beton und Stahlbeton; Ausgabe Juli 1993**

Allgemein gültig (nicht nur für Recycling-Material).

- **RVS 8S.06.32 Deckenarbeiten; Betondecken; Deckenherstellung; Ausgabe Oktober 1998 bzw. Juli 2001**

Aufbruchmaterial alter Betondecken darf als Zuschlag für den Unterbeton der neuen Betondecke verwendet werden, sofern der Altbeton Druckfestigkeiten über 40 N/mm² aufweist, die Körnung größer als 4 mm ist und mit maximal 20 % bituminösen Anteil „verunreinigt“ ist.

- **RVS 11.062 Grundlagen; Prüfverfahren; Steinmaterial; Ausgabe September 2000**

Allgemein gültig (nicht nur für Recycling-Material).

4.4.7 Richtlinie für Recycling-Baustoffe (BRV)

Diese wird an diesem Punkt nur der Vollständigkeit wegen angeführt, da sie die wichtigste geltende Richtlinie für den Straßenbau in Bezug auf Recycling in Österreich darstellt [4]. Eine nähere Erläuterung erfolgt in Abschnitt 5.1.1, da dort die länderspezifischen Regelwerke zusammengefasst wurden.

5 AUSGEWÄHLTE EUROPÄISCHE VORSCHRIFTEN

Dieses Kapitel behandelt, geordnet nach Ländern, jene Regelwerke, in denen die Umweltverträglichkeit von mineralischen Recycling-Baustoffen festgelegt wurde. Alle haben gemeinsame Ziele und somit dieselben Grundlagen: Es soll durch eine Vorgabe von bautechnischen und umwelttechnischen Eigenschaften erreicht werden, dass die zur Verwertung brauchbaren Baurestmassen aus dem Abfallregime entnommen werden und somit das Deponievolumen reduziert wird, wobei gleichzeitig jedoch vor allem die beiden Schutzgüter Boden und Wasser bei einem Wiedereinbau nicht belastet werden dürfen.

Demnach beruhen die Grenzwerte der einzelnen Parameter auf langjährigen Versuchsreihen auf der einen Seite, andererseits wurden bereits bestehende Grenzwerte aus anderen Regelwerken einbezogen. Dementsprechend ist es sinnvoll, nicht nur die Regelwerke alleine zu betrachten, sondern auch parallel bestehende Vorgaben aus den Themenbereichen Abfall, Boden und Wasser. In dieser Arbeit ist diese Betrachtung hauptsächlich auf Österreich beschränkt (siehe dazu Kapitel 4), aber auch die Deutsche Trinkwasserverordnung (siehe 5.2.1) sowie allgemein gehaltene Vorgaben seitens der Europäischen Union wurden berücksichtigt (siehe 5.7).

Die Erklärungen der einzelnen Regelwerke beschränken sich auf die jeweiligen Umweltverträglichkeitsregelungen.

Die Angaben über das jeweilige Land allgemein erfolgten aus *Die Welt kompakt* von Altmann, Albrecht und Berié [61], die Angaben bezüglich Abfall-Anteil, Recycling-Quote und Aufkommen Straßenaufbruch aus dem Bericht der OECD [31] bzw. durch Nachfrage bei der FIR [62]. Der Abfall-Anteil bezieht sich auf das Gesamtaufkommen von als Abfall definierten Stoffen. Die Recycling-Quote repräsentiert jenen Anteil, der nach Aufbereitungsschritten wieder eingesetzt werden kann. Die Massen- und Prozentangaben sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten und erlauben nur in einzelnen Fällen eine Vergleichsmöglichkeit, da diese nicht nach demselben Schema erhoben wurden (auch unterschiedlich je nach Literaturquelle) und in den einzelnen Ländern noch unterschiedliche Begriffsdefinitionen bezüglich "Abfall" und "Straßenaufbruch" bestehen. Erkennbar ist jedoch trotzdem, dass in dieser Aufstellung alle Länder eine sehr hohe Recycling-Quote aufweisen, was auch darauf schließen lässt, dass ein hoher Anspruch an Qualitätsrichtlinien derzeit nur in Ländern umsetzbar ist, bei denen der Recycling-Gedanke bereits Fuß gefasst hat.

Die Aufzählung der Recycling-Tätigkeiten ist bewusst kurz gehalten und spiegelt nicht die meist sehr umfangreichen Aktivitäten wieder; sie bietet lediglich einen kurzen Ein-

blick. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie ist jedoch das Ergebnis intensiver Literatur- und Internetrecherchen sowie zahlreicher Gespräche.

5.1 ÖSTERREICH

Fläche:	83.858 km ²
Einwohneranzahl:	8.078.000 Personen
	= 96 je km ²
Abfall-Anteil Baurestmassen, Bodenaushub, Baustellenabfälle	57 %
Recycling-Quote (allg.)	80 %
Aufkommen Straßenaufbruch	1,5 Mio. t

Baustoff-Recyclingtätigkeiten in Österreich

Österreich hat in den letzten 10 Jahren maßgeblich Einfluss in die Gesamtentwicklung der europäischen Recycling-Branche genommen. Der Baustoff-Recycling Verband spricht sich beispielsweise vehement dafür aus, in Brüssel schnellstmöglich Konsens über die noch immer andauernde Diskussion bezüglich des Endes der Abfalleigenschaft von Baureststoffen im Sinne einer brauchbaren Lösung für eine moderne Recyclingwirtschaft herbeizuführen.

Österreichs Aktivitäten am EU-Recycling-Sektor werden auch am Beispiel eines LIFE-Projektes der Europäischen Kommission in Zusammenhang mit dem Rohrleitungsbau sichtbar: Ziel des Projektes ist es, für die Wiederverfüllungszone von Leitungsgräben im Bereich von Straßen die Voraussetzungen und organisatorische Umsetzung zu schaffen, um möglichst anfallenden Aushub oder Recycling-Material (gütesicheres aufbereitetes mineralisches Material) einsetzen zu können. Da in vielen Fällen das Aushubmaterial für eine Verdichtung nicht geeignet ist oder aufgrund örtlicher Platzverhältnisse eine Zwischenlagerung nicht in Frage kommt, sollte dieses Potential von der Recyclingwirtschaft verstärkt genutzt werden. Das unter österreichischer Leitung stehende EU-Projekt soll den Recyclinggedanken auch in jene europäische Länder führen, die heute noch am Beginn der Kreislaufwirtschaft stehen.

Regelwerke für die Wiederverwendung/Verwertung von Recycling-Baustoffen

In Österreich gibt es keine ÖNORMen oder Gesetze, die das Recycling von Baustoffen bzw. die Überprüfung der Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen regelt. Es gibt jedoch die „Richtlinie für Recycling-Baustoffe“, herausgegeben vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband, die in der bisherigen 4. Auflage [63] bundesweit anerkannt wurde. Seit Juli 2003 besteht diese Richtlinie in ihrer

5. Auflage [4]. Sie wurde bei den Regelungen der Umweltverträglichkeitsprüfung komplett neu gestaltet.

Die Betriebe der Recycling-Branche produzieren teilweise ihre Produkte seit vielen Jahren nach diesen definierten Qualitätsrichtlinien, die als Standard in Ausschreibungen Eingang gefunden haben. So sind diese beispielsweise in der RVS, der LB-HB, der LB-SW und beim Bahnbau vereinbarte Grundlage – nur Recycling-Baustoffe, die diesen Richtlinien entsprechen, können dann demnach verwendet werden. Auch Bundes- und Landesgesetze beziehen sich auf diese Richtlinien – so z.B. die Baustoffliste ÖA (siehe 4.1.10), die für den Straßenbau nur Recycling-Baustoffe zulässt, die den einschlägigen RVS und der Richtlinie für Recycling-Baustoffe entsprechen [24].

Die Richtlinie des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes (BRV) findet Anwendung bei (siehe auch Kapitel 2.4)

- Recycliertem gebrochenem Asphaltgranulat (RA)
- Recycliertem gebrochenem Betongranulat (RB)
- Recycliertem gebrochenem Asphalt/Beton Mischgranulat (RAB)
- Recycliertem gebrochenem Mischgranulat aus Beton und/oder Asphalt und natürlichem Gestein (RM).

5.1.1 Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 4. Auflage

Eine Anpassung der bautechnischen und umwelttechnischen Anforderungen machte eine Überarbeitung der 3. Auflage (1999) der Richtlinie dringend notwendig.

Da sich dies als sehr umfangreich herausstellte, hatte man sich entschlossen, die Neuerungen in zwei Schritten durchzuführen. Die bautechnisch bezogenen Änderungen wurden im Oktober 2002 in Form der 4. Auflage herausgegeben; bei den umwelttechnischen Änderungen wartete man die Herausgabe der Studienergebnisse des Umweltbundesamtes (UBA) ab.

In der 4. Auflage [63] baute die Überprüfung der Umweltverträglichkeit noch auf der zu Beginn des Jahres 2002 ersatzlos zurückgezogenen ÖNORM S 2072 „Eluatklassen – (Gefährdungspotential) von Abfällen“ auf. Somit galten für die Richtlinie die mit Fachgremien und Anwenderkreisen abgestimmten umwelttechnischen Regelungen die bereits in der 2. Auflage, Juli 1993 festgelegt wurden.

Aufbauend auf der ÖNORM S 2072 waren die Parameter im Eluat im Rahmen der Erst-, Eigen- und Fremdüberwachung zu untersuchen (siehe Tabelle 10-13 des Tabel-

lenanhangs). Die Recycling-Baustoffe hatten dabei grundsätzlich die Grenzwerte der Eluatklasse Ib einzuhalten.

Für den Einsatz von Recycling-Baustoffen höherer Eluatklasse außerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches gab es eigene Regelungen. Dieser war nur dann zulässig, wenn pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Chlorid, Sulfat und Gesamtkohlenwasserstoffgehalt höchstens die Grenzwerte der Eluatklasse IIa erreichten. Alle anderen Parameter mussten weiterhin die Grenzwerte der Eluatklasse Ib einhalten.

5.1.2 Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 5. Auflage

Gegenüber der 4. Auflage wurde ein einzelner, dafür umso wesentlicherer Teil geändert: Aufgrund der ersatzlosen Zurückziehung der ÖNORM S 2072 im Jahre 2002 hing die Richtlinie mit ihren Umweltverträglichkeitsbestimmungen „in der Luft“ [4].

Aufgrund der Studie des BMLFUW (durchgeführt durch das UBA) [26] wurden in der neuen Auflage zusätzlich zu den bestehenden Güteklassen zur Wahrung der Schutzinteressen, insbesondere des Grundwasserschutzes, die Recycling-Baustoffe entsprechend der Einsatzbereiche in die Qualitätsklassen A⁺, A und B eingeteilt:

- *Qualitätsklasse A⁺*
Dabei handelt es sich um Baustoffe, die in hydrogeologisch sensiblen Gebieten ungebunden ohne Deckschicht zum Einsatz kommen können.
- *Qualitätsklasse A*
Dabei handelt es sich um Baustoffe, die in hydrogeologisch sensiblen Gebieten in gebundener Form bzw. in ungebundener Form mit Deckschicht, oder in hydrogeologisch weniger sensiblen Gebieten in ungebundener Form ohne Deckschicht zum Einsatz kommen können.
- *Qualitätsklasse B*
Dabei handelt es sich um Baustoffe, die in hydrogeologisch weniger sensiblen Gebieten in gebundener Form oder ungebunden mit Deckschicht zum Einsatz kommen können.

Somit setzt sich die Bezeichnung der Recycling-Baustoffe, die gemäß dieser Richtlinie produziert werden, nunmehr zusammen aus:

Stoffbezeichnung, Güteklasse, Sieblinienbereich, Qualitätsklasse

z.B.: RB IIa 0/32 A⁺.

Der Einsatz von Recycling-Baustoffen der Qualitätsklasse A⁺ in Wasserschongebieten und Gebieten mit wasserwirtschaftlichen Rahmenverfügungen ist grundsätzlich zuläs-

sig. In Wasserschutzgebieten und im Grundwasserschwankungsbereich ist der Einsatz jedoch verboten.

Die einzuhaltenden Grenzwerte der einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-14 des Tabellenanhangs ersichtlich.

Die zugehörigen Mindestanforderungen sind in Tabelle 5-1 zusammengestellt.

Tabelle 5-1 Umwelttechnische Einsatzbereiche (Mindestanforderungen) [4]

Anwendungsform	hydrogeologisch weniger sensibles Gebiet	hydrogeologisch sensibles Gebiet
in gebundener Form oder ungebunden mit Deckschicht	Qualitätsklasse B	Qualitätsklasse A
ungebunden ohne Deckschicht	Qualitätsklasse A	Qualitätsklasse A+

Im Zuge der Neuerungen wurde auch das Prüfwesen reorganisiert. So findet die Fremdüberwachung der Umweltverträglichkeit nur mehr alle 5.000 t (bisher 2.500 t) statt, die Summe der PAK gemäß EPA wurde auf 16 Kongenere „erhöht“ und bei der Eigenüberwachung müssen nur mehr pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Chrom und Kupfer im Eluat und die Σ 16 PAK im Gesamtgehalt geprüft werden.

Auch die Prüfungsmodalitäten wurden adaptiert: es wurden zwei Fremdüberwachungen pro Jahr festgelegt (auch bei den bautechnischen Eigenschaften, hier ist die zweite jedoch auf einige Prüfkriterien beschränkt), bei denen mit einer vorläufigen Einstufung des Materials in eine Qualitätsklasse (dient zur Festlegung der Grenzwerte) begonnen wird.

Der weitere Ablauf dieser Prüfungsmodalitäten wurde mittels Ablaufschema dargestellt (die in der Abbildung angesprochene Tabelle 3 entspricht der Tabelle 10-14 in dieser Arbeit):

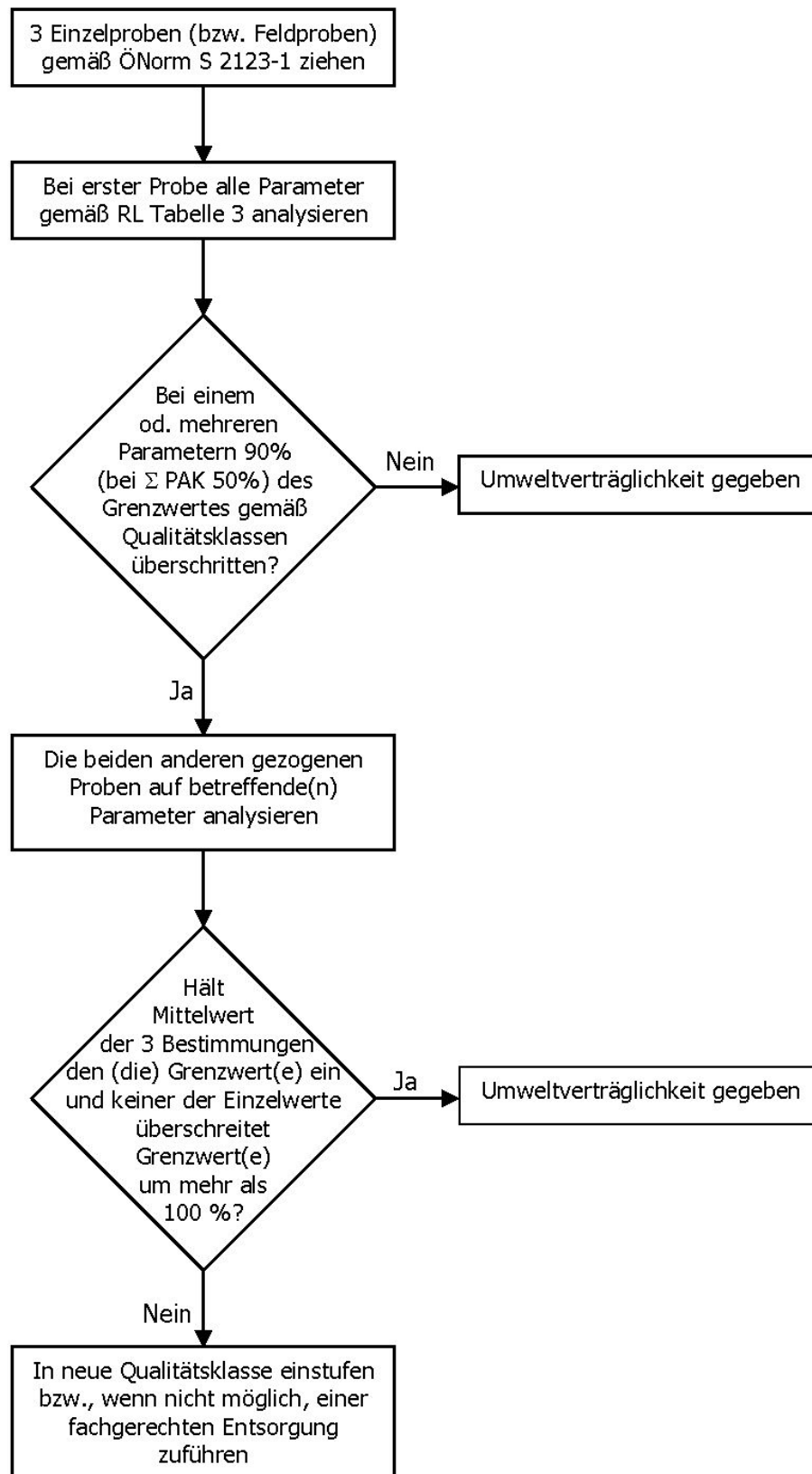


Abbildung 5-1 Ablaufschema der Überprüfung der Umweltverträglichkeit gemäß BRV-Richtlinie 5. Auflage [4]

5.2 DEUTSCHLAND

Fläche:	357.022 km ²
Einwohneranzahl:	82.047.000 Personen
	= 230 je km ²
Abfall-Anteil Baurestmassen, Bodenaushub, Baustellenabfälle	60 %
Recycling-Quote (allg.)	70 %
Aufkommen Straßenaufbruch	15 Mio. t

Baustoff-Recyclingtätigkeiten in Deutschland

Deutschland verbraucht jährlich fast 800 Mio. Tonnen mineralische Baustoffe (Österreich rund 100 Mio. Tonnen) – dies führt zu einem Bestand von rund 50 Mrd. Tonnen in Form von Bauwerken. Auch die damit in Verbindung stehenden Abfallmengen werden von 80 Mio. auf bis zu 130 Mio. Tonnen in den nächsten 10 Jahren ansteigen. Immerhin behauptet Deutschland die 70%-Marke im Recyclingbereich schon zu erreichen und führt somit 54 Mio. Tonnen Baurestmassen nach Aufbereitung wieder dem Bauwesen zu [24].

Ähnlich wie in Österreich ist auch in Deutschland die Zusammenarbeit zwischen der Wirtschaft und der Gesetzgebung noch stark ausbaubar, während beispielsweise diese Symbiose in den Niederlanden weit besser funktioniert. Zeugnis darüber geben zahlreiche Pressemitteilungen auf der homepage der *Bundesvereinigung Recycling Bau e.V.* [99].

Regelwerke für die Wiederverwendung/Verwertung von Recycling-Baustoffen

In Deutschland ist das größte Problem bei der Recyclierung von mineralische Baurestmassen, dass es kein bundesweit einheitliches und anerkanntes Regelwerk gibt. Nachfolgend eine Übersicht der Regelwerke Deutschlands, die sich mit Wasser, Eluaten oder Recycling-Baustoffen beschäftigen:

- Deutsche Trinkwasserverordnung
- diverse Bundesland-weite Regelungen
- RAL-RG 501-1
- TL Min-StB 2000
- DIN 4226-100

- DAfStb-Richtlinie
- LAGA-Mitteilung 20
- Merkblatt der Deutschen Bahn BN 918 062

5.2.1 Trinkwasserverordnung (TrinkwV) BGBL. I, S. 2613, 12. Dezember 1990 bzw. 1. Jänner 2003

Stellvertretend für alle anderen deutschen Gesetze und Verordnungen sei diese erwähnt, da es sicherlich die strengsten Anforderungen an das Schutzgut Wasser stellt und somit eine gute Vergleichsmöglichkeit bietet [64]. Die vorliegende Verordnung stammt vom 12. Dezember 1990 bzw. 1. Jänner 2003 und regelt die Anforderungen für Trinkwasser für den menschlichen Gebrauch. Es wurden nur die im Rahmen der Arbeit relevanten Parameter herangezogen (siehe Tabelle 10-15). Verglichen mit den Österreichischen (Kapitel 4.4.4) bzw. Europäischen Regelungen (Kapitel 5.7) ist erkennbar, dass diese mit Ausnahme einiger weniger Parameter gleich lautend sind.

5.2.2 Diverse Länderregelungen

Die Auflistung der verschiedenen Länderregelungen entstammt dem Buch „Optimierung der Verwertung und Vermarktung mineralischer Baustoffe aus Bauabfällen“ von *Isa Walker* [65] bzw. „Praxisgerechte Prüfung des Auslaugverhaltens von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen“ von *Robert Holnsteiner* [66], in der die Übersicht über alte, aber teilweise bundeslandweit noch gültigen Grenzwerte angeführt sind. Diese bildeten und bilden die Grundlage für eine deutschlandweite Regelung, die es bis jetzt leider nur in Ansätzen durch die LAGA (siehe Kapitel 5.2.7) gibt. Ein ausführlicher Beitrag zum Problem der Vereinheitlichung wurde von *Schulz* herausgegeben [87].

Die Grenzwerte der einzelnen deutschen Bundesländer sind in Tabelle 10-16 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.2.3 Recycling-Baustoffe für den Straßenbau-Gütesicherung (RAL-RG 501-1)

In dieser Richtlinie (Ausgabe August 1999) [67] gibt es keine eigenständige Parameterfestlegung für die wasserwirtschaftlichen Merkmale, sie verweist lediglich darauf, dass bis zur Einführung bundeseinheitlicher Anforderungen die jeweiligen aktuellen landesrechtlichen Anforderungen an die wasserwirtschaftliche Verträglichkeit gelten.

5.2.4 Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau - Gesteinskörnungen und Werksteine im Straßenbau (TL Min-StB 2000)

Dieses Regelwerk [68] enthält bautechnische Anforderungen und wasserwirtschaftliche Angaben gleichermaßen für natürliche und künstliche (Schlacken und Schmelzen) Gesteinskörnungen. Im Teil B, den stoffspezifischen Teil, werden für Recycling-Baustoffe unter Kapitel B12 für einzelne Stoffgruppen Massebegrenzungen angegeben und festgestellt, dass Straßenpech und pechhaltige Bindemittel auszuschließen sind. Alle angegebenen Richt- und Grenzwerte gelten vorbehaltlich der Regelungen der zuständigen Landesbehörden.

Die Grenzwerte sind gemäß Tabelle 10-17 des Tabellenanhanges festgelegt, wobei anzumerken ist, dass für Überschreitungen und die Merkmalgruppen angegeben ist:

„Überschreitungen der Grenzwerte sind nur tolerierbar, wenn sie geringfügig und nicht systematisch sind. Eine systematische Überschreitung liegt vor, wenn der zulässige Grenzwert eines Merkmals bei zwei aufeinander folgenden Fremdüberwachungsprüfungen überschritten wird. Eine geringfügige Überschreitung ist gegeben, wenn maximal je ein Merkmal aus 3 von 4 Merkmalgruppen den Grenzwert um nicht mehr als die zulässige Überschreitung übersteigt.

Sofern ein Merkmal der Merkmalgruppe 2 geringfügig überschritten wird, darf zusätzlich auch der Grenzwert der elektrischen Leitfähigkeit um den angegebenen Prozentwert überschritten werden.“

5.2.5 Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen (DIN 4226-100)

Diese Norm [69], die so wie jede andere Norm so lange nicht verbindlich ist, solange sie nicht Bestandteil eines Vertrages ist, stellt den Stand der Technik dar und ist gültig für ganz Deutschland. Sie behandelt recycelte Gesteinskörnungen mit einer Korndichte $\geq 1.500 \text{ kg/m}^3$. Die nach dieser Norm konformen Gesteinskörnungen sind Ausgangsmaterialien für nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik hergestellte Betone und Mörtel.

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-18 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.2.6 Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (DAfStb)-Richtlinie – Beton mit recycliertem Zuschlag

Diese Vorgaben gelten nur für recyclierten Betonsplitt (> 4 mm) und Betonbrechsand.

Die Richtlinie (Ausgabe August 1998) [70] unterscheidet darin, ob ein recyclierter Zuschlag im Innenbereich (uneingeschränkte Verwendung) oder Außenbereich (Herkunft muss bekannt sein, unbedenkliche Alkaliempfindlichkeit) eingesetzt wird. Wenn ein Recycling-Zuschlag zum Einsatz kommt, der direkt aus der Betonproduktion stammt, ohne dass er vorher im Gebrauch war, darf einen Fremdanteil von 5 Masse-% bezogen auf die gesamte Zuschlagmenge beinhalten.

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-19 des Tabellenanhangs ersichtlich.

Interessant dabei ist, dass beim pH-Wert und der elektr. Leitfähigkeit zwar Grenzwerte angegeben sind, diese bei Überschreitung jedoch kein Ausschlusskriterium darstellen.

5.2.7 Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – 4. Auflage November 1997

Ziel der LAGA [71] ist es, die Technischen Regeln für die einzelnen Reststoffe/Abfälle bzw. Reststoff-/Abfallgruppen in sich geschlossen darzustellen. Nachdem 1991 ins Leben gerufen, soll die LAGA vor allem Mindestanforderungen an den Vollzug definieren und somit einen bundesweiten Konsens erreichen. Bis jetzt ist eine Einführung der LAGA noch nicht in allen Bundesländern erfolgt [87] und somit noch nicht deutschlandweit akzeptiert.

Ein weiteres klar definiertes Ziel ist die Einrichtung eines dauerhaften Marktes für die Verwertung von Reststoffen/Abfällen. Dazu ist es notwendig, dass gemeinsame Güteanforderungen im Sinne von Qualitätsmerkmalen entwickelt und festgeschrieben werden, welche die gültigen technischen Normen und die Anforderungen im Hinblick auf die Schadlosigkeit erfüllen.

In der Tabelle 10-20 sind nur die Kategorien Z0 bis Z2 angeführt, die Kategorien Z3 – Z5 behandeln dann bereits lediglich die Grenzwerte unterschiedlicher Deponietypen:

- Z0 uneingeschränkter Einbau (keine Beeinträchtigung von Schutzgütern)
- Z1 eingeschränkter offener Einbau (grundsätzlich Z1.1 gültig; Z1.2 kann eingebaut werden, wenn vom Land festgelegt wird, dass es sich um ein hydrogeologisch günstiges Gebiet handelt)
- Z2 eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und das Grundwasser sollen verhindert werden)

Die zugehörigen Grenzwerte sind in Tabelle 10-20 des Tabellenanhangs ersichtlich.

Im Auftrag der Bund-Länder-AG arbeitet seit Sommer 2002 eine Unterarbeitsgruppe "Boden/ Bauschutt" bei der LAGA (Federführung: Niedersächsisches Umweltministerium) an der Novelle der entsprechenden technischen Regeln. Vorrangig geht es um eine Anpassung der TR infolge der nationalen Einführung des Bundesbodenschutzgesetzes und der damit verbundenen Angelegenheiten.

Im Frühsommer 2003 wurden zunächst die TR Boden textlich und grenzwertmäßig fertiggestellt, wenngleich es aus Sicht der deutschen Bauwirtschaft hierzu noch erhebliche Differenzen gegenüber den Umweltministerien gibt. Insofern steht die Einführung derzeit noch offen.

Im Anschluss daran ist mit den Arbeiten an der Überarbeitung der TR Bauschutt der LAGA zu rechnen, wenngleich ein Abschluss nicht vor Ende 2004 zu erwarten ist.

Kernfrage wird dabei jedoch die Problematik der Praxisrelevanz sein, da bereits in 2005 ein immens großes Forschungsvorhaben zum Thema "Sickerwasserprognose" zum Abschluss gebracht wird, dessen Ergebnisse dann aber voraussichtlich nicht mehr in die neuen TR der LAGA einfließen werden, was aus Sicht der deutschen Bauwirtschaft absolut am Ziel vorbei ist, da dann nach 2005 wiederum an einer Novelle der LAGA mit Veränderungen bei den Grenzwerten zu arbeiten wäre.

5.2.8 Merkblatt der Deutschen Bahn - Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen (BN 918 062)

Dieses Merkblatt [72] gilt nur für Lieferungen und für die Gütesicherung von Korngemische, die zur Schutz- und Tragschichten für den Eisenbahnfahrweg der Deutschen Bahn verwendet werden.

Es behandelt gleichzeitig Schlacken und Recycling-Materialien, wobei festgehalten ist, dass die Herkunft eindeutig bekannt sein muss, wobei vorzugsweise Altschotter aus Gleisanlagen der DB Netz AG verwendet werden sollte. Betonabbruch darf unter bestimmten Voraussetzungen mit verwendet werden. In Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete der Zonen I und II darf nicht eingebaut werden.

- G1 – uneingeschränkter Einbau
- G2 – eingeschränkter offener Einbau
- G3 - Einbau bei hydrogeologische günstigen Gebieten zulässig
- G4 – Einbau zulässig, wenn durch definierte technische Sicherungsmaßnahmen ein Schadstofftransport lateral oder durch den Untergrund in das Grundwasser verhindert wird.

Liegen die Werte über G2, so ist für den Einbau die Zustimmung der zuständigen Behörde einzuhalten und der Einbau zu dokumentieren (Schadstoffgehalt, Einbauort, Datum, Lieferant).

Die Grenzwerte für die Gruppen sind in Tabelle 10-21 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.3 SCHWEIZ

Fläche:	41.285 km ²
Einwohneranzahl:	7.106.000 Personen
	= 172 je km ²
Abfall-Anteil Baurestmassen, Bodenaushub, Bau- stellenabfälle	45 %
Recycling-Quote (allg.)	75 %
Aufkommen Straßenaufbruch	3,8 Mio. t

Baustoff-Recyclingtätigkeiten in der Schweiz

Die Schweiz weist bereits einen Anteil von 18% Recycling-Baustoff im Vergleich zum Einsatz von Primärbaustoffen auf. Ein umfangreiches Regelwerksystem lässt durchwegs den Einsatz von RC-Zuschlagstoffen für die Betonherstellung zu. Dies sichert neue Einsatzfelder im Hoch- und Ingenieurbau, wo RC-Zuschläge für die Betonherstellung im Sinne des Ressourcenschutzes ein akzeptables Substitut für natürliche Zuschläge darstellen. Somit hat die Schweiz – obwohl nicht EU-Mitglied – in Europa einen Spitzenplatz: 125 Recycling-Betriebe machen – rein quantitativ - über ein Viertel der europäischen Unternehmen aus. Die Schweiz ist derzeit mitten in einer Vollzugs- und Umsetzungsphase, nachdem administrative und rechtliche Bedingungen in den letzten Jahren festgelegt worden waren [24].

Regelwerke für die Wiederverwendung/Verwertung von Recycling-Baustoffen

Die überkantonale gültigen Regelwerke für die Schweiz sind:

- die Abfall – Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbaumasphalt, Straßenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch) herausgegeben durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) im Juli 1997
- die Richtlinien des Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verbandes Schweiz
- die Schweizer Norm SIA 162/4 für Recyclingbeton.

In einem Kanton (Solothurn) gibt es darüber hinaus noch eine eigene Regelung für industrielle Nebenprodukte.

5.3.1 Abfall – Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbaumasphalt, Straßenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch) (BUWAL) und Richtlinie des Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verbandes Schweiz (ARV)

Eine Zusammenziehung dieser Richtlinien ist möglich und sinnvoll, da die Richtlinie des ARV [41] auf die BUWAL-Richtlinie verweist [73]. Zusammengefasst ist es in der Schweiz weiterhin möglich, teerhaltige Recycling-Baustoffe unter bestimmten Umständen einzubauen. Die Umweltverträglichkeitsüberprüfung beschränkt sich auf die Feststellung des Fremdanteiles, der bestimmte Prozentanteile nicht überschreiten darf. Der einzige angegebene Grenzwert, bis zu dem ohne weitere Prüfungen eingebaut werden darf, beläuft sich auf den Gesamtgehalt Σ PAK von 5.000 mg/kg Bindemittel (dies entspricht rund 250 mg/kg TS [90]). Der ARV stützt sich dabei auf eine Forschungsarbeit der Vereinigung schweizerischer Straßenfachleute (VSS 1998/071), die bestätigen, dass nach Einhaltung der Einbaubestimmungen und der Überprüfung dieses einen Parameters und der Fremdanteile davon auszugehen ist, dass keine weitere Beeinträchtigung erfolgt.

Diese Vorgangsweise ist auch dem im Jahre 2003 herausgegebenen Merkblatt zur Entsorgung von teerhaltigem Ausbaumasphalt/teerbelastetem Koffermaterial aus dem Strassenbau, herausgegeben vom Amt für Umwelt und Energie, Basel Stadt zu entnehmen (Abbildung 5-2) [91].

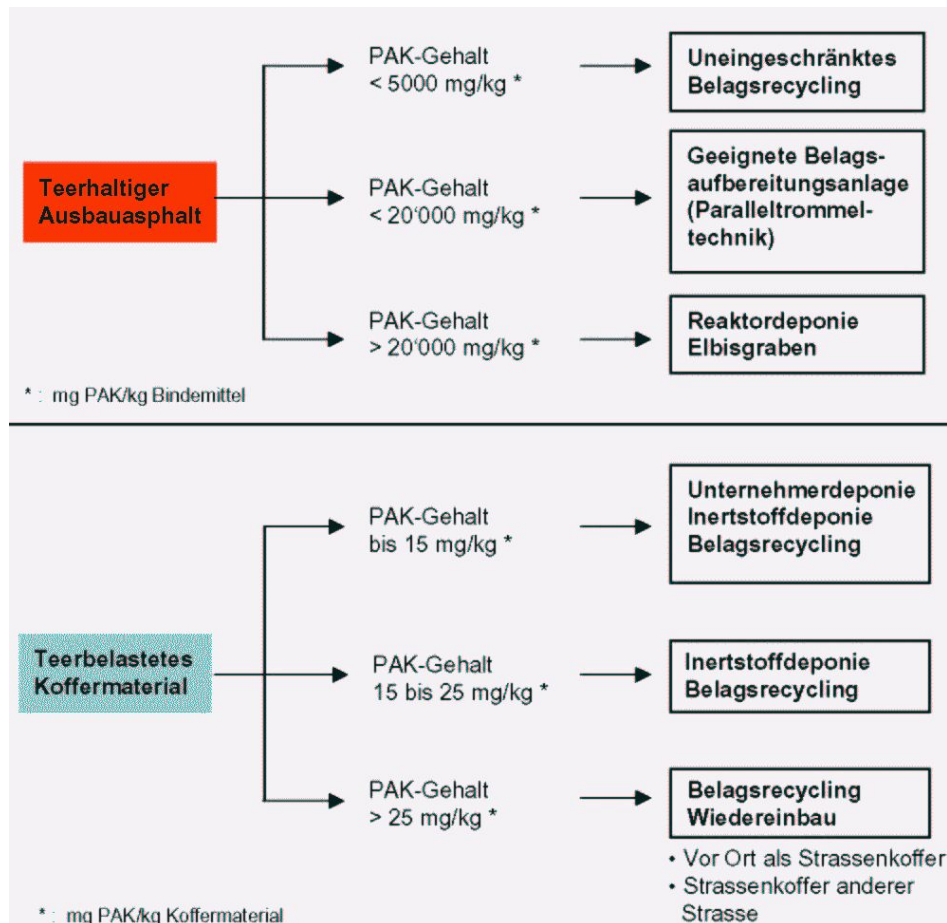


Abbildung 5-2 Einteilung von teerhaltigem Ausbauasphalt/Koffermaterial in der Schweiz [91]

5.3.2 Informationsschrift zum Thema Sekundärbaustoffe für das Labor vom Kanton Solothurn

Diese Schrift [75] stellt das einzige derzeit verfügbare Schweizer Regelwerk dar, wo kantonsweit weitere Parameter gefordert werden. Dabei gibt sie gleichzeitig eine Erklärung dafür, woher sich die Grenzwerte ableiten. Nach Rücksprache² wurde zugesichert, dass diese Grenzwerte im Jahre 2001 überarbeitet wurden und weiterhin ihre Gültigkeit besitzen. Jedoch bezieht sich diese Richtlinie nicht auf Recycling-Baustoffe aus mineralischen Bauabfällen, sondern auf spezielle Recycling-Baustoffe (industrielle Nebenprodukte, etc.)

Die Werte im Einzelnen sind in Tabelle 10-22 des Tabellenanhangs ersichtlich.

² Amt für Umweltschutz, Kanton Solothurn, Herr Berger

5.3.3 Recyclingbeton - SIA 162 / 4

Nach dieser Schweizer Norm [74] ist es im Gegensatz zur DIN 4226-100 (siehe 5.2.5) zulässig, auch Mischabbruchgranulat oder Recycling-Kiessand einzusetzen. Es wird auch festgestellt, dass ohne Zugabe von Primärzuschlägen und spezifischen Rezepturen Beton mit hohen Festigkeiten oder Spannbeton schwer herzustellen ist und nicht ohne spezielle Voruntersuchungen verwendet werden darf. Es werden zwei Parameter als Sicherung der Umweltverträglichkeit und aus betontechnologischen Gründen angegeben (siehe Tabelle 10-23 des Tabellenanhangs).

5.4 ITALIEN / SÜDTIROL

Fläche (Italien):	301.336 km ²
Einwohneranzahl (Italien):	57.589.000 Personen
	= 191 je km ²
Abfall-Anteil Baurestmassen, Bodenaushub, Baustellenabfälle	? %
Recycling-Quote (Südtirol, allg.)	90 %
Aufkommen Straßenaufbruch	? Mio. t

Baustoff-Recyclingtätigkeiten in Italien/Südtirol

Durch die Schließung vieler Deponien in Südtirol ist das Land angehalten, die Verwertung zu forcieren. Südtirol profitiert dabei nicht zuletzt auch durch ein 1997 verabschiedetes Abfallrahmengesetz, mit dem die Wiederverwertung von (Bau-)Abfällen legislativ fixiert wurde. Eine neue Richtlinie soll dabei – analog zu Österreich – die Qualität sicherstellen. Die Richtlinie stellt eine „Produktgarantie“ dar, sofern konkrete mechanische (bautechnische) und chemische (umweltverträgliche) Rahmenbedingungen eingehalten werden. Damit liegt Südtirol weit über dem allgemeinen italienischen Standard, der eine Recycling-Quote von 15% aufweist.

Regelwerke für die Wiederverwendung/Verwertung von Recycling-Baustoffen

Für Gesamt-Italien ist nach eingehenden Recherchen keinerlei Regelwerke vorhanden. Lediglich die autonome Region Südtirol besitzt Regelungen in Form eines Dekretes des Landeshauptmanns.

Durchführungsverordnung zur Wiederverwertung von Baurestmassen und die Qualität von Recycling-Baustoffen

Dieses Dekret des Landeshauptmanns vom 16. Dezember 1999 [76] legt eindeutig fest:

„Der Auftraggeber von öffentlichen Bauten verlangt bei Auftragserteilung von der Baufirma die Bestätigung von Seiten der Kontrollämter, dass der Lieferant der Recycling-Baustoffe die Bestimmungen der vorliegenden Richtlinie einhält.“

Von Interesse ist, dass in Südtirol auch eine Anwendung von Asphaltgranulat im Heißverfahren als Deckschicht zulässig ist.

Die Eluatgrenzwerte sind in Tabelle 10-24 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.5 NIEDERLANDE

Fläche:	41.526 km ²
Einwohneranzahl:	15.698.000 Personen
	= 378 je km ²
Abfall-Anteil Baurestmassen, Bodenaushub, Baustellenabfälle	? %
Recycling-Quote (allg.)	>90 %
Aufkommen Straßenaufbruch	? Mio. t

Baustoff-Recyclingtätigkeiten in den Niederlanden

Rohstoffbedingt sind die Niederlande Spitzenreiter in Sachen Recycling: Seit dem 1. Juli 1999 verlangt die „Baustoffverfügung“ eine Förderung der Wiederverwertung bei gleichzeitigem Bodenschutz. Um diesen Anforderungen zu genügen, müssen niederländische Betriebe eine Zertifizierung („KOMO-Zertifikat“) nachweisen. Dabei ist es aber grundsätzlich möglich, weiterhin mobil aufzubrechen, wenngleich stationäre Anlagen in Sachen Qualität meist ein besseres Ergebnis vorweisen können. Für mobile Anlagen wird erstmals ein bundesweit einheitliches Beurteilungssystem ausgearbeitet. Über die reine Aufbereitung hinaus (eine Recycling-Quote über 90% ist erreicht), ist in Holland auch das Sortieren von Baumischabfällen (Anm.: es existiert ein Ablagerungsverbot für Baurestmassen) rentabel; so können weitere 2,5 Mio. Tonnen der Kreislaufwirtschaft zugeführt werden.

Bei den Recherchen zu dieser Diplomarbeit wurde ersichtlich, dass in den Niederlanden, aber auch in Dänemark (siehe 5.6) eine sehr starke Kooperation der Recycling-Verbände mit der Gesetzgebung besteht. Diese Länder sind in diesem Bereich Vorzeigeländer. Deutlich macht dies auch eine Artikel von *van der Zwan* [91], in dem offen angesprochen wird, dass die größten Fortschritte bei der Förderung des Einsatzes von Recycling-Materialien durch die Einführung von Steuern erzielt wurden. Somit hält der Staat es in den Händen, ob Recycling-Gedanken umgesetzt werden oder nicht.

Regelwerke für die Wiederverwendung/Verwertung von Recycling-Baustoffen

Das momentan angewendete Regelwerk ist das Building material decree aus dem Jahre 1999, herausgegeben vom Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. Geschichtlich interessant ist die "Holländische Liste".

5.5.1 Holländische Liste (Leidraad bodemsanering, 1983)

Die „Holländische Liste“ [77] mit ihren Prüfwerten war in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts eine international weit verbreitete Grundlage für die Altlastenbearbeitung und zur Bewertung der Bodenkontaminationen. Sie kann somit als das „Urgestein“ der Umweltverträglichkeitsanforderungen angesehen werden. Dass sie in den Niederlanden entstand, ist leicht verständlich, wenn man beachtet, dass die Niederlande grundsätzlich mit einem Mangel an Primärbaustoffen zu kämpfen haben (alle Gesteine, die größer als 40 mm sind, müssen importiert werden) und somit bereits sehr früh der Recycling-Gedanke geboren wurde. Dies ist auch ablesbar an der oben angeführten Recycling-Quote, die von keinem anderen Land bisher erreicht wurde.

Viele Untersuchungen, auch in anderen Staaten, wurden damals nach dieser Liste durchgeführt oder zumindest davon abgeleitet. Es handelte sich bei dem zu untersuchenden Material jedoch um Boden und nicht um Recycling-Material.

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in den Tabellen 10-25 und 10-26 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.5.2 Building material decree

Dieses mit all seinen Anhängen über 300 Seiten umfassende, 1999 herausgegebene Dekret [78] legt fest, dass beide Arten des Baumaterials, egal ob primär oder sekundär, sich diesen Regelungen unterwerfen müssen.

Schwierig ist der Vergleich der angegebenen Werte der anorganischen Schadstoffe im Eluat, da diese in mg/(m² und 100a) aufgelistet wurden (sic!).

Nach Rückfrage bei *Erik van Dijk* [84] von der niederländischen Firma TAUW stellte dieser freundlicherweise ein Umrechnungsprogramm zu Verfügung. Die veränderbaren Eingabeparameter dabei sind:

- Das Wasser/Feststoff-Verhältnis
- Die Schichtdicke, in der das Recycling-Material eingebaut wird.

Eine kurze Übersicht einiger Ergebnisse ist in Tabelle 10-28 ersichtlich.

Die originalen Grenzwerte (bei der Zusammenstellung im internationalen Vergleich wurden folgende Umrechnungsparameter verwendet: Feststoff/Flüssigkeitsverhältnis $L/S = 1$, Schichtdicke $d = 1$ m) für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-27 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.6 DÄNEMARK

Fläche:	43.094 km ²
Einwohneranzahl:	5.301.000 Personen
	= 123 je km ²
Abfall-Anteil Baurestmassen, Bodenaushub, Baustellenabfälle	45 %
Recycling-Quote (allg.)	85 %
Aufkommen Straßenaufbruch	3,8 Mio. t

Baustoff-Recyclingtätigkeiten in Dänemark

Auch Dänemark ist ganz vorne mit dabei, wenn es um die Recycling-Quote geht. So wie in den Niederlanden ist dies die Auswirkung aufgrund des Mangels an geeigneten Primärbaustoffen. Dänemark ist jedoch nicht in der FIR vertreten. Dies offenbar deswegen, da hier die meisten Probleme (Akzeptanz von Recycling-Produkten, Einbeziehung in die Gesetzgebung, etc.) gar nicht entstehen und somit eine internationale Vertretung als nicht notwendig angesehen wird.

Regelwerke für die Wiederverwendung/Verwertung von Recycling-Baustoffen

So wie auch in den Niederlanden besteht in Dänemark nur ein Gesamtregelwerk für das gesamte Land, dieses ist jedoch auf Recycling-Produkte beschränkt.

Bekendtgørelse om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder (BEK 655 27. Juni 2000)

Diese Verordnung [79] ist gültig für Sekundärbaustoffe aus Baurestmassen, Aschen und Schlacken. Entgegen der Regelungen in den Niederlanden (über 300 Seiten) wird hier in aller Kürze (14 Seiten) festgelegt, welchen Anforderungen das Material zu genügen hat.

Die Grenzwerte für die einzelnen Umweltverträglichkeits-Parameter sind in Tabelle 10-29 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.7 EUROPÄISCHE VORGABEN

Durch den Beitritt Österreichs in die Europäische Union mit 1.1.1995 hat die europäische Umwelt- und Abfallpolitik für Österreich an Bedeutung gewonnen [95]. Grundsätzlich wird mit dem Beitrittsvertrag der EU unter Berücksichtigung des Subsidiaritätsprinzips an Gemeinschaftsorgane die Aufgabe übertragen, Rechtsvorschriften zu erlassen, die in den Mitgliedsländern Wirkung haben. Dies geschieht entweder über Verordnungen, die ab ihrem Inkrafttreten anzuwenden sind, oder über Richtlinien, die von den Mitgliedsstaaten in der vorgegebenen Frist in nationale Gesetze umgesetzt werden müssen.

Für diese Arbeit ist lediglich festzuhalten, dass es zwar viele Vorgaben und Richtlinien bezüglich Abfall innerhalb der Europäischen Union gibt, diese jedoch immer nur einen Konsens aller Länder darstellen und somit die jeweiligen nationalen Regelungen entweder gleich oder meist „schärfer“ formuliert wurden (siehe beispielsweise Österreichischer Lebensmittelcodex, Teil B1, hier behandelt in 4.4.3).

Europäische Rechtsvorschriften bezüglich Bauabfälle bzw. klare Vorgaben bezüglich Recycling-Baustoffe im Straßenbau bestehen noch nicht. Folgende Vorschriften wurden bisher herausgegeben [18]:

- Richtlinie über Abfälle (RL 91/156/EWG vom 18.03.1991 auf Basis RL 75/442/EWG vom 15.7.1975)
- Europäischer Abfallkatalog (EAK, engl.: EWC – European Waste Catalogue; Entscheidung der Kommission 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis geändert durch die Entscheidungen der Kommission 2001/118/EG und 2001/119/EG und durch die Entscheidung des Rates 2001/573/EG vom 23. Juli 2001, in Kraft seit 1. Jänner 2002)
- Richtlinie über gefährliche Abfälle (RL 91/689/EWG vom 12.12.1991, geändert durch RL 94/31/EG vom 27.6.1994)
- 6. Umweltaktionsprogramm der EU

Stellvertretend für verwandte Richtlinien und Regelwerke seien nur folgende erwähnt, da sie konkrete Grenzwerte enthalten:

- Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch
- Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedsstaaten
- Entscheidung des Rates zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG

5.7.1 Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (80/778/EWG)

Wie der Titel schon besagt, wurde hierin die Mindest-Qualitätsbeschaffenheit von Wasser für den menschlichen Gebrauch festgelegt [80].

Die Werte sind in Tabelle 10-30 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.7.2 Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft vom 16. Juni 1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedsstaaten (75/440/EWG)

Diese Richtlinie [81] wurde von Österreich ohne Veränderungen in Nationales Recht übernommen (359. Verordnung/1995).

- Kategorie A1:
Einfache physikalische Aufbereitung und Entkeimung, z.B. Schnellfiltration und Entkeimung.
- Kategorie A2:
Normale physikalische Aufbereitung und Entkeimung, z.B. Vorchlorung, Koagulation, Flockung, Dekantierung, Filterung und Entkeimung (Nachchlorung).
- Kategorie A3:
Physikalische und verfeinerte chemische Aufbereitung, Oxidation, Adsorption und

Entkeimung, z.B. Brechpunkt-Chlorung, Koagulation, Flockung, Dekantierung, Filtrierung, Oxidation, Adsorption (Aktivkohle), Entkeimung (Ozon, Nachchlorung).

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-31 des Tabellenanhangs ersichtlich.

5.7.3 Entscheidung des Rates zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG

Mit der EU-Richtlinie des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien [82] wurde erstmals eine europaweite Bestimmung über Deponien verabschiedet. Die Schwerpunkte der EU-Richtlinie sind die Geologie des Standortes und eine darauf abgestimmte Abdichtungstechnik der Deponiebasis sowie die Grundsätze der Klassifizierung und Untersuchung von Abfällen vor deren Ablagerung. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Ablagerung gefährlicher Abfälle und die Frage der gemeinsamen Ablagerung gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle.

Die EU-Richtlinie unterscheidet drei Deponieklassen:

- Deponien für gefährliche Abfälle
- Deponien für nichtgefährliche Abfälle
- Deponien für Inertabfälle

Die Grenzwerte für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10-32 des Tabellenanhangs ersichtlich.

6 GEGENÜBERSTELLUNG

6.1 ALLGEMEINES

In diesem Kapitel werden die einzelnen Grenzwerte und Bestimmungen, der im Kapitel 4 und 5 erläuterten neununddreißig Regelwerke (davon 24 Recycling-Richtlinien) in Tabellen und Abbildungen gegenübergestellt und analysiert.

Da die einzelnen Parameter in den Regelwerken sehr unterschiedliche Einheiten aufweisen, war es zur besseren Vergleichbarkeit zuerst notwendig, alle auf eine Einheit umzurechnen. Hier eine Aufstellung der Umrechnungsfaktoren:

TS = Trockensubstanz

Die elektrische Leitfähigkeit wird in Mikro-Siemens pro Zentimeter bzw. Milli-Siemens pro Meter angegeben; sie ist der Kehrwert des Widerstandes (Tabelle 6-1)

Tabelle 6-1 Umrechnungsfaktoren

phys. Größen	ursprüngliche Einheit	Umrechnungsfaktor	gemeinsamer Standard
elektr. Leitfähigkeit	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1/10	mS/m
Schadstoffkonzentration im Eluat bzw. Schadstofffracht	$\mu\text{g}/\text{l}$	1/100	mg/kg TS
	mg/l	10	mg/kg TS

Ausnahmen dabei bilden aufgrund des unterschiedlichen Mol-Gewichtes und zum Zwecke der Reduzierung auf den Stickstoff- bzw. Phosphatanteil die Parameter in Tabelle 6-2:

Tabelle 6-2 Umrechnungsfaktoren Ausnahmen

ursprüngliche Einheit	Umrechnungsfaktor	gemeinsamer Standard
Ammonium (NH_4) in mg/l	7,76489	Ammonium-N in mg/kg TS
Ammoniak (NH_3) in mg/l	8,22445	Ammoniak-N in mg/kg TS
Nitrat (NO_3) in mg/l	2,25897	Nitrat-N in mg/kg TS
Nitrit (NO_2) in mg/l	3,04457	Nitrit-N in mg/kg TS
Phosphat (PO_4) in mg/l	3,26138	Phosphat-P in mg/kg TS

Diese für den Vergleich vorgenommene Umrechnung der festgestellten Konzentrationen (mg/l) in Frachten (mg/kg TS) sollte künftig beibehalten werden, da sich hieraus eine eindeutige Charakterisierung des untersuchten Materials ergibt. Es ist von Bedeutung zu wissen, welche Mengen aus einem Recycling-Baustoff ausgewaschen werden können; das Wissen um Konzentrationen in einem Eluat erscheint aus (straßen-)bautechnischer Sicht weniger von Bedeutung [89].

Ein weiteres Problem ist, dass nicht in allen Regelwerken klar definiert ist, auf wie viele Kongenere sich die Angaben bei den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) beziehen (PAK bestehen aus zumindest zwei Benzolringen; jede einzelne Ausprägung bzw. Zusammensetzung dieser Ringe wird Kongener genannt; derzeit sind etwa 280 Kongenere bekannt). Es ist jedoch zu erkennen, dass bei den neueren Richtlinien meist der Wert für die sechzehn am häufigsten vorkommenden Verbindungen gemäß EPA (US-Environmental Protection Agency) angegeben wird (Ausnahme bildet hier Südtirol mit 18 Kongenere [76]). Auch Österreich hat hier gegenüber der 4. Auflage von sechs auf sechzehn Kongenere gewechselt. Eine wirkliche Gegenüberstellung und Vergleichbarkeit ist aber somit nur sehr eingeschränkt möglich. Diese Unschärfen bei der Gegenüberstellung gelten auch für alle anderen Parameter, bei denen Kongenere möglich sind, wie beispielsweise Polychlorierte Biphenyle (PCB).

Eine weitere Entwicklung der letzten Jahre stellt der Übergang von der reinen Eluat-Messung hin zu der Einbeziehung von Gesamtgehalten dar. Weit voran sind hierbei die Niederlande, die 21 Gesamtgehalte analysieren. Im Vergleich zu den anderen Regelwerken stellt dies jedoch eine Ausnahme dar. Die meisten Regelungen begnügen sich mit weit weniger Gesamtgehalt-Parametern.

Da es im Rahmen der Diplomarbeit nicht möglich war, alle 140 Eluat- und Gesamtgehalt-Parameter einzeln zu analysieren (viele betreffen beispielsweise gar keine Recycling-Baustoffe), werden bei der Analyse vor allem die in den Österreichischen Recycling-Regelwerken festgelegten Parameter untersucht, um festzustellen, ob die neue Auflage der Richtlinie [4] zukunftsweisend ist.

6.2 DIE VERGLEICHE IM DETAIL

Nach einer Gesamtauflistung aller Parameter und Regelwerke wurden folgende Vergleiche angestellt:

- Vergleich der österreichischen Recycling-Richtlinien mit den restlichen Vorgaben in Österreich
- Vergleich der deutschen Recycling-Richtlinien mit den restlichen Vorgaben in Deutschland
- Vergleich der übrigen Länder und Richtlinien
- Vergleich aller Recycling-Richtlinien-relevanter Parameter bzw. Gegenüberstellung aller Recycling-Richtlinien
- Vergleich der Parameter, die derzeit in Österreich Verwendung finden

Alle Teiltabellen haben den gleichen Aufbau wie auch die Hauptübersicht selbst:

Auf der linken Seite sind die jeweils zu überprüfenden Parameter angegeben, zuerst grob gegliedert in Eluat- und Feststoffmesswerte, anschließend in die Untergruppen Allgemeines (pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, organoleptische Prüfung, Abdampfdruckstand und Filtrattrockenrückstand), Schwermetalle, Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Aromate, PAK, Pestizide, Stickstoffverbindungen, Tenside sowie alle sonstigen Parameter, die nicht den vorher genannten Gruppen zugeordnet werden konnten.

Im jeweiligen Tabellenkopf befinden sich die Regelwerke, geordnet nach Ländern bzw. zuerst die allgemeinen Rahmenrichtlinien und dann die recyclingbezogenen Regelwerke.

6.2.1 Auflistung aller Parameter und Regelwerke

Die sehr umfangreiche Zusammenstellung aller in den Kapiteln 4 und 5 untersuchten Regelwerke ist im Tabellenanhang als Tabelle 10-33 (Passwort: brv) angeführt. Da sich diese jedoch aufgrund der Dimensionen (90 Eluat-Parameter und 50 Feststoff-Parameter; 6 Länder plus EU-Regelungen, 39 Regelwerke mit insgesamt 106 Unterteilungen) lediglich für einen Gesamteindruck und nicht für die nähere Analyse aller Parameter eignet, wurden weitere Teiltabellen (Tabelle 10-34 bis 10-39) aus dieser generiert. Die Fußnotenangaben der einzelnen Teiltabellen beziehen sich jedoch alle auf diese Haupttabelle.

Ein Herauslesen von Minimum-, Maximum- bzw. Modalwerten (Modalwert = der am öftesten angegebene Grenzwert) sowie Ausreißern und Trends ist für die Überprüfung der Tauglichkeit der österreichischen Vorgaben ebenso nicht zielführend, da in diese Berechnungen auch jegliche deponiespezifischen Grenzwerte, die weit über jenen der Umweltverträglichkeit von Recycling- Baustoffen liegen, mit einbezogen wurden.

Erkennbar ist jedoch, dass bei fast allen Regelungen (unabhängig ob es sich um Regelungen für Wasser, für Deponien oder für Recycling-Baustoffe handelt) der pH-Wert, die elektr. Leitfähigkeit, die Schwermetalle im Eluat bzw. im Feststoff sowie die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe im Eluat bzw. im Feststoff gemessen werden.

Weiters ist herauslesbar, dass die Untersuchungen der Gesamtgehalte (= Feststoff) erst bei den neueren Regelungen Fuß gefasst hat und meist in weitaus geringerem Umfang als bei den Eluatwerten durchgeführt wird.

6.2.2 Vergleich der österreichischen Recycling-Richtlinien mit den restlichen Vorgaben in Österreich

Der Umfang der Prüfwerte bei der Gegenüberstellung der zwölf österreichischen Regelwerke (Österreichisches Lebensmittelbuch [50], Deponieverordnung [44], Grundwasserschwellenwertverordnung [48], die ÖNORMen L 1075 [51], S 2072 [52], S 2088-1 [53] und -2 [54], M 6250 [55], Bundesabfallwirtschaftsplan 2001 [23], Merkblatt Boden [56] sowie die beiden Richtlinien für Recycling-Baustoffe [4][63]) ist gegenüber der Gesamtzusammenstellung vor allem bei den Gesamtgehalten reduziert worden (siehe erste Spalte links: 75 Eluat-Parameter, 27 Parameter für Feststoff).

Bei dieser Gegenüberstellung (Tabelle 10-34 (Passwort: brv)) ist erkennbar, dass sich die alten und neuen Recycling-Richtlinien-Grenzwerte jeweils hauptsächlich an den Grenzwerten der Deponieverordnungsklassen Bodenaushub bzw. Baurestmassendeponie orientieren (je nach der zu erzielenden Qualitätsklasse) und diese wiederum an der

ÖNORM S 2072. Die Deponieverordnungsparameter bilden auch die Grundlage für andere österreichische Regelwerke wie beispielsweise dem Merkblatt für die Verwendung von Böden als Schüttung. Somit ist ersichtlich, dass in Österreich nicht primär der Recycling-Baustoff und seine möglicherweise beinhaltenen Schadstoffe selbst betrachtet werden, sondern die bereits früher schon festgelegten, zulässigen Grenzwerte für die umgebenden Schutzgüter Wasser und Boden übernommen wurden, bzw. ein sehr starker Bezug zum Abfallregime besteht. So wurde beispielsweise der Parameter Nitrit-N bei der neuen Recycling-Richtlinie aufgenommen, der sonst bei Recycling-Richtlinien nur noch in Nordrhein-Westfalen Anwendung findet (siehe Abbildungen 10-7 und 10-17).

Auffallend ist weiters, dass bei den meisten bisher bestehenden österreichischen Regelwerken verstärkt Schwermetallgehalte in Eluat und Feststoff gemessen werden (wie auch bei vielen internationalen Recycling-Regelwerken), wohingegen bei den beiden Recycling-Richtlinien nur drei Eluat-Werte (alte Richtlinie) bzw. zwei Eluat-Werte und ein Feststoffgehalt (neue Richtlinie) bezüglich Schwermetalle gemessen werden müssen.

Die Werte für Minimum, Maximum, etc. haben in dieser Tabelle ebenfalls nur sehr geringe Aussagekraft, da auch hier die Deponieverordnung [44] mit verglichen wurde und in ihren Kategorien Reststoff- bzw. Massenabfalldeponien für Recycling-Baustoffe unmaßgebliche Grenzwerte definiert sind. Die somit auftretenden Ausreißer lassen keine weitere wissenschaftlich fundierte Interpretation zu.

6.2.3 Vergleich der deutschen Recycling-Richtlinien mit den restlichen Vorgaben in Deutschland

In der Tabelle 10-35 (Passwort: brv) sind, mit einer Ausnahme (Deutsche Trinkwasserverordnung [64]), nur Richtlinien mit Bezug auf Recycling-Baustoffe angeführt. Dies deshalb, da im zusammenwachsenden Europa die meisten Grenzwerte bezüglich Wasser, Böden und Deponien bereits weitgehend EU-weit angeglichen wurden und somit auch ähnlich jenen von Österreich sind. Diese Entwicklung dokumentiert die Veränderung der Parameter der deutschen Trinkwasserverordnung zwischen 1990 und 2003 im Vergleich mit den österreichischen und den EU-weit gültigen Vorgaben. Durch diese Einschränkung der Betrachtung auf Recycling-Richtlinien reduziert sich auch die Auflistung der Parameter (55 Eluat-Werte, 13 Gesamtgehalte). Bei einer Außerachtlassung der Deutschen Trinkwasserverordnung reduziert sich die Aufzählung um weitere 14 Eluat-Parameter.

Trotzdem bleiben noch zehn bundesländerweite (Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Hessen u. Thüringen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie eine für NRW, Saarland, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern gemeinsam) und sechs bundesweite Regelwerke (RAL-RG 501-1, TL Min-StB 2000, DIN 4226-100, DAfStb, LAGA, Merkblatt der Deutschen Bahn) über - dies stellt das größte Problem für eine deutschlandweit einheitliche Recycling-Wirtschaft dar (siehe [87]). Mit den Mitteilungen 20 der LAGA [71] wurde versucht, eine länderübergreifende Regelung zu schaffen. Dies ist jedoch bis jetzt noch nicht flächendeckend gelungen. Lediglich in das Merkblatt der Deutschen Bahn wurden die Grenzwerte der LAGA (mit kleinen Abweichungen beispielsweise beim pH-Wert oder bei Arsen) nahezu vollständig übernommen.

Einen weiteren Anhaltspunkt für eine fortlaufende deutschlandweite Harmonisierung (zumindest bei den Eluat-Werten) liefert die Neuausgabe der Richtlinie für Nordrhein-Westfalen im Jahre 2001 (GMinStb 01). Nordrhein-Westfalen ist zwar nicht das flächenmäßig größte Bundesland, jedoch mit rund 17,7 Mio Einwohnern (= 21,6 % der deutschen Gesamtbevölkerung) das bevölkerungsreichste Bundesland. Somit findet diese Regelung breite Anwendungsmöglichkeit.

Ausreißer sind beispielsweise bei der elektrischen Leitfähigkeit, Kupfer gesamt (Eluat), Chlorid und Sulfat festzustellen. Bei näherer Betrachtung lassen sich diese zu meist auf überaltete Regelwerke zurückführen bzw. stellt der angegebene Wert kein Ausschlusskriterium dar (so bei der elektr. Leitfähigkeit der DAfStb-Richtlinie).

Eine weitere Art von Ausreißern stellen jene Parametern dar, die nur in ein oder zwei Regelwerken Verwendung finden. So ist dies etwa bei den Stickstoffverbindungen, AOX, PCB sowie dem Phenolindex der Fall.

Für eine anzustrebende, weitergehende Harmonisierung wäre empfehlenswert, die von *Schulz* [87] vorgeschlagenen Lösungsansätze rasch in die Tat umzusetzen:

- „Runder Tisch“ Bund/Länder, Wissenschaft, Branche/Industrie
- Meinungsbildung mit objektiver, fachlich fundierter Diskussion
- Verringerung der Regelwerke auf 3 oder ggf. 1
- Harmonisierung der Güteklassen
- An-/Einbindung an Europäische Regelwerke
- Gemeinsames Anerkennen der/des Regelwerkes.

Erst wenn hier eine deutschlandweit einheitliche Linie vertreten wird ist an einen weiteren Schritt der europaweiten Harmonisierung zu denken.

6.2.4 Vergleich der übrigen Länder und Richtlinien

Dieser Vergleich (Tabelle 10-36) lässt nur eine Schlussfolgerung zu: die Regelungen in den einzelnen Ländern (Schweiz: Regelung des ARV, SIA 162/4, AfU Solothurn; Südtirol: Dekret des Landeshauptmanns; Niederlande: Holländische Liste, Building material decree; Dänemark: BEK 655 sowie die drei erläuterten EU-Regelungen aus Kapitel 5.7) sind noch viel zu unterschiedlich, um in nächster Zeit auf eine europaweite Basis zu gelangen. So ist beispielsweise in der Schweiz nur ein einziger Parameter ausschlaggebend, in Italien gibt es lediglich für die Region Südtirol eine Regelung und in den Niederlanden existiert eine Vielzahl von Parametern (41 Stück) mit stark abweichendem System (die Einheit für die anorganischen Parameter lautet $\text{mg}/(\text{m}^2 \text{ und } 100\text{a})$ statt der üblichen mg/l bzw. $\text{mg}/\text{kg TS}$), die geprüft werden müssen.

Obwohl in Dänemark ebenso wie in den Niederlanden ein beachtlicher Umfang an Prüfungen vorgeschrieben ist, ist es bemerkenswert, dass es bei den Gesamtgehalten zwischen diesen beiden Ländern keinerlei Übereinstimmungen gibt. Dadurch wird die Parameterliste bei den Gesamtgehalten stark erweitert.

Bemerkenswert ist auch die Holländische Liste, in der aus heutiger Sicht teilweise viel zu hohe Werte angeführt sind. Sie ist somit nur mehr zur Erläuterung der „Geschichte“ der Eluat-Grenzwerte heranzuziehen.

6.2.5 Vergleich aller in Recycling-Richtlinien angegebenen relevanten Parameter bzw. Gegenüberstellung aller Recycling-Richtlinien

Diese umfangreichen Vergleiche sind in den Tabellen 10-37 (alle Regelwerke, siehe 6.2.1) und 10-38 (nur Recycling-Richtlinien) (Passwort für den Aufruf: brv) durchgeführt. Nach dem Wegfall all jener Parameter, die nicht unmittelbar mit Recycling-Baustoffen in Verbindung stehen, verbleiben 49 Eluat-Parameter und 38 Gesamt-Parameter. Die höhere Aussagekraft hat die zweite Tabelle (Gegenüberstellung aller Recycling-Richtlinien), da sie nicht durch Abfall- bzw. Wasser-Grenzwerte der zusätzlichen 15 Regelwerke „verfälscht“ wird. Aus dieser wurden auch die Abbildungen 10-11 bis Abbildung 10-61 im Anhang erzeugt, wobei die ersten zwölf (10-11 bis 10-22) einen Parameter-Bezug zu Österreichs Richtlinien haben, alle weiteren sind entsprechend der Tabellenreihenfolge geordnet und werden nur für die Vollständigkeit der Eluatwerte im Anhang angeführt. Von den Gesamtgehalten wurden nur die drei am häufigsten verwendeten Parameter in Abbildungen umgesetzt (Abbildung 10-20 Σ PAK, Abbildung 10-60 Σ KW und Abbildung 10-61 Σ EOX).

Als erstes ist in beiden Tabellen erkennbar, dass sich der Umfang der zu untersuchenden Parameter reduziert hat (bei den Eluatparametern beinahe um die Hälfte, siehe oben), für eine im sinnvollen Rahmen durchzuführende Gesamtbewertung jedoch immer noch viel zu umfangreich ist, um daraus kurzfristig eine europäische Gesamtliste zu kreieren, besonders, solange nicht gleichzeitig europaweit eine Gleichstellung zwischen Primär- und Sekundärbaustoffe erreicht wird (wie dies beispielsweise in den Niederlanden der Fall ist). Betrachtet man beispielsweise die Regelwerke LAGA und das Niederländische Building Materials Decree, so ist dokumentiert, dass bei den Feststoffen kaum Übereinstimmungen der Parameter bzw. deren Grenzwerten erkennbar sind.

Gleichzeitig bildet jedoch gerade diese Tabelle die wichtigste Grundlage, um europaweit Expertengespräche aufnehmen zu können. Bei sehr vielen Parametern ist festzustellen, dass sie nur in einer bis maximal zwei Richtlinien Verwendung finden (besonders erkennbar bei fast allen Feststoff-Parametern. Unbestritten jedoch die Untersuchungs-Notwendigkeit sowohl des pH-Wertes, der Schwermetalle im Eluat und im Gesamtgehalt, als auch der PAK-Konzentrationen.

6.2.6 Vergleich der Parameter, die derzeit in Österreich Verwendung finden

Dieser Vergleich ist für eine Weiterentwicklung der österreichischen Regelungen der wichtigste. Die Tabelle 10-39 (Passwort: brv) und die zugehörigen Abbildungen 10-1 bis 10-10 sind lediglich ein Ausschnitt aus dem vorherigen Vergleich, zeigen jedoch am eindeutigsten die derzeitige Situation für Österreich.

Eine detaillierte Analyse, gegliedert nach den Parametern

- Untere Grenze des pH-Wertes
- Obere Grenze des pH-Wertes
- Elektrische Leitfähigkeit
- Chrom gesamt im Eluat
- Kupfer gesamt im Eluat
- Ammonium-N im Eluat
- Nitrit-N im Eluat
- Σ KW im Eluat
- Sulfat im Eluat
- Σ PAK (Feststoff)
- Σ PAK im Eluat
- Blei gesamt im Eluat.

Die Auswahl, welche Parameter zu überprüfen sind, wurde, mit Ausnahme der letzten beiden, welche nur in der alten Ausgabe der Richtlinie für Recycling-Baustoffe geprüft wurden, aufgrund der Studie des UBA [26] festgelegt. Es handelt sich laut Studie dabei um jene Parameter, bei denen im Laufe der umfangreichen Prüfungen Grenzwerte überschritten wurden, die in anderen österreichischen Regelwerken (Deponieverordnung, Verwertungsgrundsatz Boden, ÖNORM S 2088,...) festgelegt sind.

Untere Grenze des pH-Wertes

Der pH-Wert kennzeichnet als negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration den Säure- bzw. Laugencharakter einer wässrigen Lösung: pH-Werte von unter 5 bzw. 4 erhöhen die Löslichkeit mancher Schwermetalle und können insofern vergrößerten Einfluss auf die Wasserqualität ausüben [66]. Bereits bei pH-Werten kleiner 6,5 kann von einer Aggressivität gegenüber Beton ausgegangen werden, bei pH-Werten größer 8 ist eine Pufferwirkung vorhanden, die vorerst die Austragung von bestimmten Schwermetallen verhindert [89].

Österreich hat in seinem Regelwerk, der Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 5. Auflage, einen unteren Grenzwert von 7,5 angegeben. In der Studie des UBA [26] wird die

Wahl des unteren Grenzwertes damit begründet, dass dadurch die Notwendigkeit der Messung des Parameters Aluminium entfallen kann, da für dessen Toxizität vor allem das Al^{3+} -Ion verantwortlich ist, welches nur im sauren Bereich gebildet wird. Dieser Grund ist jedoch aufgrund der Abbildung 10-1 europaweit nicht nachvollziehbar, da diese Höhe des Grenzwertes in keinem anderen Regelwerk zur Anwendung kommt! Der Modalwert aller Regelwerke liegt bei 6,5, jener der Recycling-bezogenen Regelwerke bei 7,0. Eine Senkung zumindest auf den Modalwert 7,0 erscheint bedenkenlos durchführbar zu sein.

Obere Grenze des pH-Wertes

Österreich hat in seiner Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 5. Auflage, einen Grenzwert von 12,5 angegeben. Damit wurde eindeutig dem europäischen Trend gefolgt (in der 4. Auflage lag der Grenzwert noch bei 11,0 bzw. 12,0), da sowohl der Modalwert bei allen Richtlinien, als auch bei den rein branchenspezifischen dasselbe Ergebnis liefern. Lediglich die Richtlinie aus Nordrhein-Westfalen (9,5 bzw. 10,0) und die DAfStb-Richtlinie (13,5) bilden größere Ausreißer.

Elektrische Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit gibt Aufschluss über den Gesamtgehalt an gelösten Salzen. Bei den in Böden und Baustoffen vorkommenden Salzen handelt es sich im wesentlichen um Ammoniumsalze, Chloride, Sulfate, Karbonate und Nitrate, die einerseits den Beton angreifen und die Korrosion von Eisen und Stahl fördern, andererseits einen starken Einfluss auf die Trinkwasserqualität haben, also nicht unbegrenzt in das Grundwasser eingeleitet werden dürfen [89].

Mit einem Grenzwert von 150 mS/m hat Österreich gemäß Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 5. Auflage, eine derzeit sehr strenge Regelung. Der Modalwert (gesamte Regelwerke) liegt hier beim Doppelten bzw. auch bei den branchenspezifischen Regelungen sind für die „schlechtesten“ Qualitätsklassen Werte bis zu 300 mS/m zulässig.

Chrom gesamt im Eluat

Chrom ist in geringen Mengen für den menschlichen Organismus ein wichtiger Stoff (tägliche Cr-Aufnahme über die Nahrung etwas über $100\mu\text{g}$ pro Person), wird aber in größeren Mengen (im Milligramm-Bereich) im Körper akkumuliert und wirkt dann toxisch. Die Toxizität des Chroms ist abhängig von seiner Wertigkeit (beispielsweise Chrom VI bedeutet sechswertig) [66].

Österreich lässt bei Chrom zwischen 0,3 und 0,5 mg/kg TS (je nach Qualitätsklasse) zu. Für einen Vergleich ist sicherlich nur die Abbildung 10-14 sinnvoll, da in der Ab-

bildung 10-4 auch all jene Regelwerke Einfluss nehmen, die mit der Recycling-Branche nicht in direktem Zusammenhang stehen und in diesem Fall stark differieren.

Eine Erhöhung des österreichischen Grenzwertes ist, sofern angedacht, nur in geringem Ausmaß sinnvoll (der Modalwert zur Abbildung beträgt 1,0).

Kupfer gesamt im Eluat

Kupfer ist für den Menschen ein wichtiges Spurenelement. In höheren Konzentrationen (mehrere 100 mg) kann es jedoch toxisch wirken. Ab Konzentrationen von 0,1 mg/l ist es akut fischtoxisch [66].

In Österreich liegen die Werte für Kupfer je nach Klasse zwischen 0,5 und 2 mg/kg TS [4]. Der internationale Vergleich zeigt dabei, dass diese Werte durchwegs dem Standard entsprechen. Jene Regelwerke, die weit darüber liegen, sind entweder keine branchenspezifische oder überaltet (beispielsweise die 4. Auflage).

Ammonium-N im Eluat

Hier stellt sich ein internationaler Vergleich als extrem schwierig heraus, da nur drei weitere deutsche Recycling-Regelwerke (Baden-Württemberg, Hessen/Thüringen, Nordrhein-Westfalen) diesen Parameter analysieren (Abbildung 10-16). Dies ist einer jener Werte, die eher aus dem Bereich des Schutzgutes Wasser herrühren. Ersichtlich ist dies auch aus Abbildung 10-6: Knapp zwei Drittel aller angegebenen Werte haben Österreich-Bezug, jene ausländischer Herkunft beziehen sich auf Wasser. Die wirkliche Relevanz dieses Parameters sollte überprüft werden.

Nitrit-N im Eluat

Die Auswertung bezüglich Nitrit-N im Eluat wird bezüglich Recycling-Richtlinien sonst nur noch in Nordrhein-Westfalen gemessen. Hierbei handelt es sich nachgewiesenermaßen rein um einen Parameter der aus der Beurteilung des Wassers und ist für die Beurteilung von Recycling-Baustoffen in Frage zu stellen, da hier nur sehr geringe Frachten gemessen wurden [26].

Σ KW im Eluat

Auch wenn diesen Parameter mehrere ausländische Recycling-Regelwerke überprüfen lassen (Abbildung 12-18), so ist die Grenzwerteregelung bei der österreichischen Richtlinie eher auf das Bestehen österreichischer Regelwerke (Deponieverordnung, Merkblatt Verwendung von Böden als Schüttung) zurückzuführen als auf die Berücksichtigung ausländischer Richtwerte.

Sulfat im Eluat

Sulfate sind in natürlichen Wässern in der Größenordnung von weniger als 1 mg/l bis über 100 mg/l vorhanden. Geogen bedingt, d.h. durch die geologische Beschaffenheit der von den Wässern durchflossenen Gesteinskomplexe verursacht, sind Sulfat-Gehalte von mehreren 100 mg/l keine Seltenheit. Auch im Handel erhältliche Mineralwässer enthalten mitunter beachtliche Sulfatgehalte [66].

Es wäre hier durchaus eine Erhöhung der Grenzwerte in der österreichischen Recycling-Richtlinie, zumindest bei der „schlechtesten“ Qualitätsklasse, denkbar, sofern beachtet wird, dass der Modalwert bei den Recycling-Richtlinien bei 6.000 mg/kg TS liegt (siehe Abbildung 10-19).

Σ PAK (Feststoff)

Der Parameter PAK wird als Summe von 6, 10, 12, 16 oder gar 18 ausgewählten polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffen (PAK) angegeben. In der aktuellen österreichischen Regelung sind es 16 Kongenere. PAK's entstehen antropogen bei Pyrolyseprozessen von organischem Material, sind aber auch auf natürlichem Wege, z.B. bei der Kohlebildung formiert worden. PAK's gelten als kanzerogen.

Dieser in Österreich erstmals verwendete Grenzwert (bisher wurden keine Gesamtgehalte gemessen) ist derzeit noch von hohem Interesse, da teerhältige Materialien endgültig aus dem Verwertungskreislauf genommen werden sollten. Er wird in ein paar Jahren jedoch auch international noch zu senken sein und voraussichtlich bei einer fortschreitenden qualitätsgesicherten Kreislaufwirtschaft an Bedeutung verlieren. Eine direkte Gegenüberstellung ist aus vorher genanntem Problem der unterschiedlich angegebenen Anzahl der Kongenere in den einzelnen Regelwerken schwierig. Eine direkte Umrechnung zwischen den Grenzwerten bei unterschiedlichen Kongenere-Zahlen ist nicht möglich.

Σ PAK im Eluat (nur altes Regelwerk, 4. Auflage)

In Abbildung 10-21 ist ersichtlich, dass der Grenzwert von 0,03 mg/kg TS durchaus eine gewisse Berechtigung hat: auch der Modalwert beträgt 0,03. Eine direkte Gegenüberstellung ist aus bereits erwähntem Problem der Anzahl der Kongenere problematisch.

Blei gesamt im Eluat (nur altes Regelwerk, 4. Auflage)

Blei wurde aus den früher zu untersuchenden Proben nicht oder in nicht nennenswerten Konzentrationen ausgelaugt und man sah daher bei der Neuregelung der österrei-

chischen Recycling-Richtlinie keine Notwendigkeit, diesen Parameter weiterhin zu prüfen.

Bezüglich der ehemaligen Grenzwertregelung gilt ähnliches wie für eben genannten Grenzwert Σ PAK (siehe Abbildung 10-22); auch hier war der von Österreich festgelegte Grenzwert Standard im europäischen Raum.

Zusammengefasst muss festgestellt werden, dass die in Österreich verwendeten Parameter teilweise eher aus Vorsicht gegenüber dem Grundwasser bzw. aufgrund bereits vorhandener österreichischer Regelungen genommen wurde und die Baustoffe selbst zwar ausgiebig beprobt wurden, beim Vergleich mit ausländischen Regelwerken (für die angenommen werden kann, dass ihnen gleichfalls umfangreiche Untersuchungen voraus gegangen sind) ist jedoch erkennbar, dass diese größtenteils höhere Schadstoffgehalte zulassen bzw. auf andere Parameter Wert legen.

7 AUSWIRKUNGEN DER RECYCLING-BAUSTOFFE UND DEREN PRÜFUNGEN AUF DIE BAUWIRTSCHAFT - EIN AUSBLICK

Die Recycling-Wirtschaft hat rd. 33 Mrd. € in Arbeitsplätze und Maschinen investiert und dabei 45.000 Arbeitsplätze in Europa geschaffen. Wie in vielen anderen Bereichen ist es auch im Bereich der Kreislaufwirtschaft das Ziel, möglichst rasch eine Harmonisierung der technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen herzustellen [24].

Krasse Unterschiede zwischen einzelnen europäischen Ländern zeigen jedoch großen Handlungsbedarf auf. Selbst innerhalb der EU ist der Standard derart unterschiedlich, dass bis heute nicht einmal ein Vergleich der Aufbereitungsquoten eindeutig dargestellt werden kann: Begriffe, gesetzliche Grundlagen und die fehlende Festlegung einheitlicher Qualitätsstandards lassen nur ansatzweise Vergleiche zu [24]. Dies betrifft auch die in dieser Arbeit untersuchten Regelungen der Umweltverträglichkeit.

7.1 EUROPaweite Vereinheitlichung

Aus heutiger Sicht ist eine europaweite Vereinheitlichung der Regelungen der Umweltverträglichkeit nicht unmittelbar durchführbar. Zu unterschiedlich sind die Messmethoden, die Parameteranzahl, die Grenzwerte aber auch die verwendeten Einheiten. Hier ist noch ein großer nationaler und internationaler Erfahrungsaustausch notwendig. Somit ist es auch erforderlich, Forschungsberichte und Analyseergebnisse grenzüberschreitend öffentlich zugänglich zu machen, damit Aufbauarbeit geleistet werden kann und nicht jeder Verband im Prinzip parallel arbeitet.

Ein weiteres Ziel muss es sein, einen flächendeckenden Güteschutz zu installieren, um „Graubereichs-Recycler“ europaweit vom Markt zu verdrängen und somit Probleme und Rechtsunsicherheiten für Planer und Ausführende zu minimieren.

Als einer der wichtigsten Aspekte zeigt sich weiters, dass es erreicht werden muss, das Produkt Recycling-Baustoff möglichst fern zu halten von Begriffen und Regelungen rund um das Abfallwirtschaftsregime.

7.2 DIE 5. AUFLAGE DER ÖSTERREICHISCHEN RICHTLINIE IM VERGLEICH

Beim Vergleich der Neuregelung der österreichischen Recycling-Richtlinie mit den Regelungen in anderen europäischen Ländern konnte festgestellt werden, dass sie zwar weitestgehend zukunftsweisend ist, jedoch sowohl bei der Wahl einiger Parameter, als auch bei der Grenzwert-Festlegung noch nicht genügend ausgereift ist. Die momentane Regelung wird jedoch auch vom Ministerium nicht als endgültig gesehen: Die Neuregelung muss nun in der Praxis gelebt werden und damit die erste Bewährungsprobe hinter sich bringen. Wenn die ersten Ergebnisse der laufenden Eigen- und Fremdüberwachungen vorliegen, kann eine Bewertung der Neuregelung der Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen durchgeführt werden [97].

Die Notwendigkeit der momentanen Neuregelung ist aufgrund des internationalen Vergleiches jedoch unbestritten. Für weitere Adaptionen wäre es überlegenswert, mehr Augenmerk auf die Feinfraktionen zu legen (zwingende Vorabsiebung, auch bei mobilen Anlagen), da in der Feinfraktion ein erhöhter Schadstoffanteil festzustellen ist.

Ein bei Neuregelungen weiter zu berücksichtigender Aspekt ist die Auswirkung der Parameter- und Grenzwert-Änderungen auf die Kosten bzw. auf den wirtschaftlich vertretbaren Einsatz von Recycling-Baustoffen.

Durch derartige Neudefinitionen darf es nicht dazu kommen, dass dieser Wirtschaftszweig eventuell unbeabsichtigt stranguliert bzw. zu Tode geprüft wird.

7.3 BAURELEVANTE AUSWIRKUNGEN DER NEUEN REGELUNGEN AUF DEN ÖSTERREICHISCHEN TIEFBAU

7.3.1 Ausschreibung

Die Ausschreibung ist jenes Instrument, das am meisten darüber entscheidet, ob bei einem Bauprojekt Recycling-Baustoffe zum Einsatz kommen. Dabei ist jedoch klar, dass es nicht ausreicht, in den Vorbemerkungen der einzelnen Positionen festzustellen, dass Recycling-Baustoffe mit Primärbaustoffen gleichwertig sind. Vielmehr muss es immer eine Alternative zum Primärbaustoff geben (nicht nur als Z-Position), sofern der Einsatz von Recycling-Stoffen technisch möglich ist.

Nur die tatsächliche Einbeziehung von Recycling-Baustoffen bereits während der Planung und Ausschreibung schafft Kosten- und Planungssicherheit.

So gibt es von der Stadt Wien seit einigen Jahren die Bestrebungen, umweltrelevante Leistungspositionen (darunter fallen unter anderem jegliche Deponierungs-, Verwertungs- und Entsorgungspositionen) in einem Leistungsbuch zusammenzufassen und von dort dann in die einzelnen Leistungsbücher einfließen zu lassen. Das Projekt nennt sich „LB Umwelt“. Eine erste Version ist am 1.2.2004 als ÖNORM-Regel ONR 22 251 „Mustertexte für umweltrelevante, bauspezifische Ausschreibungen“ erschienen. Sie soll mithelfen, dass alle vom Umweltgedanken geprägten Positionen zentral verwaltet und adaptiert werden können, ohne dass jede Arbeitsgruppe der unterschiedlichen Leistungsbücher sich eigene Definitionen überlegen muss.

Hier ist noch viel Informations- und Überzeugungsarbeit notwendig, da viele Kalkulanten noch den „alten Trott“ gewöhnt sind. Hilfreich für die Motivation, den Recycling-Gedanken in den Ausschreibungen zu forcieren ist, dass bei der Auspreisung von Deponierungspositionen relativ hohe AISAG-Gebühren mit einzurechnen sind (siehe 4.1.5).

7.3.2 Vergabe

Auch bei der Vergabe sind noch Möglichkeiten vorhanden, verstärkt den Recycling-Gedanken hervorzuheben. Nach dem neuen österreichischen Bundesvergabegesetz [49] ist es beispielsweise möglich, bis zu 5 % der Vergabekriterien für Umweltverträglichkeit zu verwenden.

Im Bundesvergabegesetz 2002 §21 (6) ist dazu festgehalten:

„Im Vergabeverfahren ist auf die Umweltgerechtigkeit der Leistung Bedacht zu nehmen. Dies kann insbesondere durch die Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei der Beschreibung der Leistung, bei der Festlegung der technischen Spezifikationen oder durch die Festlegung konkreter Zuschlagskriterien mit ökologischem Bezug erfolgen.“

Somit wäre denkbar, dass es vom Ausschreibenden zugelassen wird, bei einzelnen Positionen den Richtpreis um einen gewissen Prozentsatz zu überschreiten, wenn im Gegenzug Recycling-Material bzw. die Recycling-Börse Bau im Internet (<http://recycling.or.at>) zum Einsatz kommt.

7.3.3 Güteschutz

Der Güteschutz ist eine sehr wichtige Einrichtung, um zu gewährleisten, dass es zu keinem „Verscharren“ von schadstoffhaltigen Abfällen, sondern nur hochwertiger Sekundärbaustoff zum Einsatz kommt. Deswegen kommt den Güteschutzverbänden in den einzelnen Ländern eine entscheidende Rolle zu, unabhängig die Protokolle der Eigen- und Fremdüberwachungen zu sammeln und zu kontrollieren, um bei etwaigen Verfehlungen sofort zu reagieren.

Ziel muss es sein, durch die Schaffung von flächendeckenden Kontrollen mittels unabhängiger Prüfeinrichtungen die "Graubereichs-Recycling-Betriebe" vom Markt zu verdrängen. Erst dann ist es möglich, dass die Hemmnisse der Planer, Recycling-Baustoffe einsetzen zu können, ohne dabei Gefahr zu laufen, mit dem Gesetz in Konflikt zu geraten, beseitigt werden.

Ein Güteschutzsystem liefert die notwendige Kontinuität und somit nicht nur eine punktuell erreichte Qualität, sondern eine dauerhafte Sicherheit.

Die Anwendung eines kontinuierlichen Güteschutzes sollte künftig verstärkt als Wettbewerbsvorteil zum Einsatz kommen. Ein verliehenes Gütezeichen für Recycling-Baustoffe (Abbildung 7-1 zeigt jenes des österreichischen Güteschutzverbandes) kann auf Preislisten oder Ähnlichem verwendet werden und damit dem Kunden den Qualitätsstandard der Produkte signalisieren.



Abbildung 7-1 Gütezeichen Recycling-Baustoffe des GSV [24]

Den Güteschutzverbänden Europas müsste es weiters (in Kooperation mit den Recycling-Betrieben, die sich deren Richtlinien unterwerfen) ein starkes Anliegen sein, ihre Angebotspalette durch verstärkte Werbung und Zusammenarbeit mit Schulen, technischen Universitäten und Hochschulen den späteren Anwendern und somit einer breiteren Öffentlichkeit näher zu bringen. Vereinzelt gibt es zu diesem Thema bereits Ansätze, (Fernlehrgänge und Weiterbildungskurse in Deutschland).

7.3.4 Kosten

Im Bereich der Kosten muss es das Ziel sein, dass es aufgrund des Einsatzes von Recycling-Baustoffen zu keinen Mehrkosten im Vergleich zum Primärbaustoffgebrauch kommt. Da dabei jedoch nicht die Qualität darunter leiden darf, müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Gleichbehandlung der Primär- und Sekundärbaustoffen bzw. „Strafen“ bei der unnötigen Verwendung von Primär-Ressourcen.
- Kein „Zutodeprüfen“ von Recycling-Baustoffen, weder vom Umfang, noch von der Häufigkeit.

Zum ersten Punkt: Die Gleichbehandlung ist bis jetzt noch nicht der Fall. So ist beispielsweise in den Technischen Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau (TL Min-StB 2000) bei den wasserwirtschaftlichen Anforderungen angegeben [68]:

„Bei gebrochenem Festgestein, Kies und Sand sowie gebrochenem Kies ist die wasserwirtschaftliche Verträglichkeit grundsätzlich gegeben. Deswegen erübrigen sich in der Regel weitere Nachweise.“

Auch leidet die Baustoff-Recycling-Wirtschaft darunter, dass die Umweltgesetzgebung sehr restriktive Vorgaben gibt, die aber schlecht umgesetzt werden. Bei der Errichtung einer Sieb- oder Betonanlage sind weit weniger Genehmigungen notwendig, als bei einer umweltfreundlichen Recycling-Anlage [85].

Zum zweiten Punkt wurde bezüglich der 5. Auflage der Richtlinie des BRV [4] eine Kostenberechnung des UBA mit Gegenüberstellung der Kosten für den Prüfumfang der 4. Auflage [63] gemacht.

Es wurde dabei darauf geachtet, dass es in Summe (Eigen- und Fremdüberwachung) zu keinen Mehrkosten kommt. Erreicht wurde dieses Ziel durch die Reduzierung des Prüfumfanges bei der Eigenüberwachung einerseits und durch die Erhöhung der Mengenschwelle bei der Umweltverträglichkeit von 2.500 t auf 5.000 t.

Dieser Schritt war extrem wichtig, da nur so eine Akzeptanz seitens der Produzenten bei gleichzeitigem Anheben des Umweltverträglichkeitsstandards möglich ist.

Die Kosten können jedoch auch reduziert werden, wenn man nicht nur unterscheidet, ob Primär- oder Sekundärmaterial zum Einsatz kommen soll, sondern wenn man auch berücksichtigt, das ggf. bei zu entfernenden Baurestmassen bei Deponierung auch ALSAG-Gebühren entrichtet werden müssen. Von dieser Beitragspflicht sind jedoch gemäß Altlastensanierungsgesetz, § 3 ausgenommen [45]:

6. *mineralische Baurestmassen, wie Asphaltgranulat, Betongranulat, Asphalt/Beton-Mischgranulat, Granulat aus natürlichem Gestein, Mischgranulat aus Beton oder Asphalt oder natürlichem Gestein oder gebrochene mineralische Hochbaurestmassen, sofern durch ein Qualitätssicherungssystem gewährleistet wird, dass eine gleichbleibende Qualität gegeben ist, und diese Abfälle im Zusammenhang mit einer Baumaßnahme im unbedingt erforderlichen Ausmaß zulässigerweise für eine Tätigkeit gemäß Abs. 1 Z 1 lit. c verwendet werden.*

Der Güteschutz stellt ein solches Qualitätssicherungssystem dar. Die Aufbereitung des anfallenden Materials gemäß den entsprechenden Regelwerken gewinnt somit an Bedeutung, dessen anschließender Einbau ist naheliegend.

7.3.5 Auswirkungen auf den Bauablauf

Probleme für den Bauablauf können beispielsweise dann auftreten, wenn mobile Anlagen ohne Vorabsiebung zum Einsatz kommen. Im Feinanteil ist die Möglichkeit von erhöhten Schadstoffgehalten am größten.

Wenn die Überprüfung etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt (je mehr Parameter zu prüfen sind, umso umfangreicher und somit zeitintensiver ist die Überwachungstätigkeit) ist das eventuell belastete Material bereits wieder eingebaut. Wenn jedoch wieder auf stationäre Anlagen mit Zwischenlagermöglichkeit zurückgegriffen wird, so führt dieses dazu, dass bei vielen Bautätigkeiten große Transportwege zurückzulegen sind. Das kann aus ökologischen Gründen auch nicht im Sinne der Sache sein.

Eine weitere Neuerung, die künftig alle Bauvorhaben treffen wird, ist eine erhöhte Aufzeichnungspflicht während des Bauablaufes, was und wo eingebaut wurde, um bei Überprüfungen, aber auch später beim Rückbau bzw. der Erneuerung darauf zurückgreifen zu können. Speziell bei lang gestreckten Bauwerken, wie etwa Straßen oder Dämmen stellt sich dies im Gegensatz zu Hochbauten als extrem schwierig heraus. In Gesprächen wird dabei meist scherzhaft gemeint, dass es nicht möglich sei, jedem Korn „ein Mascherl umzubinden“. Leider wird es hier jedoch noch zu starken Problemen kommen, und es sind rasch Lösungen zu finden, um die Überprüfung zu beschleunigen, ohne dass die Qualität der Überprüfung und somit des Baustoffes darunter leidet.

8 ZUSAMMENFASSUNG

Das Bestreben der Wiedereinbindung der im Bauwesen anfallenden Restmassen in den Stoffkreislauf ist groß. Recycling schont natürliche Rohstoffreserven, spart Deponieraum und trägt zur Abfallvermeidung bei. Eine der wichtigsten Verwertungssparten ist in diesem Zusammenhang der Tiefbau und hier speziell der Straßenbau.

Voraussetzung für eine Verwendung der mineralischen Baurestmassen als Recycling-Baustoffe ist primär die Sicherstellung, dass die Materialien die Qualität des Oberflächen- sowie Grundwassers und des Bodens nicht nachhaltig beeinflussen. In zweiter Linie sind natürlich wirtschaftliche Aspekte ausschlaggebend.

In Österreich wird bereits seit längerem ein Großteil der anfallenden Baurestmassen in Recycling-Anlagen behandelt und verwertet; verbindliche (gesetzliche) Regelungen zur Verwertung der erzeugten Materialien fehlen bis heute. Bis jetzt regeln sehr erfolgreich die unverbindlichen Richtlinien des Österreichischen Baustoff Recycling Verbandes die bautechnischen und umwelttechnischen Anforderungen an die Verwertung von Baurestmassen in Österreich.

Ähnliche Regelwerke bestehen auch in Deutschland, der Schweiz, den Niederlanden, Dänemark und Italien (Südtirol).

Ziel dieser Diplomarbeit war eine Untersuchung über die jeweiligen Grenzwerte für Umweltverträglichkeitsprüfungen bei mineralischen Recycling-Baustoffen an den ausgewählten Beispielen in Europa im Vergleich zu den österreichischen Vorschriften.

Folgende Schlüsse können aus den Ergebnissen gezogen werden:

- Bei den aktuelleren Regelwerken ist eine Zunahme der Gesamtgehalt-Messungen erkennbar; die Gesamtgehalte sollten jedoch nicht überbewertet werden, da die Feststellung des mobilisierbaren Anteils (in Form von Eluat) für die Praxis wichtiger ist.
- Derzeit ist eine europaweite Vereinheitlichung der Regelungen der Umweltverträglichkeit nicht unmittelbar durchführbar. Zu unterschiedlich sind die Messmethoden, die Parameteranzahl, die Grenzwerte aber auch die verwendeten Einheiten. Hier sind noch ein großer Erfahrungsaustausch und eine internationale Anpassung notwendig.
- Die Untersuchungsmethoden der Auslaugbarkeit (Eluatmessungen) sind bezüglich ihrer Praxistauglichkeit in Bezug auf den Tiefbau (im Speziellen den Straßenbau) äußerst kritisch zu hinterfragen. Die derzeit gültigen Bewertungsmaßstäbe für eine

„umweltverträgliche“ Wiederverwendung von Recycling-Baustoffen sind an die im Straßenbau anzutreffenden Verhältnisse anzupassen.

- Die in Österreich verwendeten Parameter und Grenzwerte wurden teilweise eher aus reiner Vorsicht gegenüber dem Grundwasser bzw. aus bereits vorhandenen österreichischen Regelungen im Umweltbereich genommen und weniger auf die Recycling-Baustoffe ausgelegt. Sie befinden sich mit ihren Grenzwerten dennoch meist im europäischen Durchschnitt.
- Der in Österreich verwendete Begriff der "Umweltverträglichkeit" führt zu Verwirrungen, da er auch in anderem Zusammenhang gebräuchlich ist (Umweltverträglichkeitsprüfung). Besser wäre die Anpassung an beispielsweise die in Deutschland übliche Bezeichnung der "wasserwirtschaftlichen Merkmale".

Somit sollten für eine möglichst rasche Zusammenführung der nationalen Bestimmungen zu einer europaweit einheitlichen Regelung folgende Arbeitsweise durchgeführt werden:

- Vereinheitlichung der Prüfmethoden mit Berücksichtigung, dass es sich hierbei um größeres Stückgut handelt
- Vereinheitlichung der Maßeinheiten
- Reduzierung bundeslandweiter Regelungen
- Förderung des Austausches von Forschungsunterlagen und Versuchsreihen-Ergebnissen
- Angleichung des Messumfanges der Parameter.

Da es sich hierbei um ein sehr weitreichendes Programm handelt, ist es vom heutigen Stand aus nicht möglich, einen Zeithorizont bis zum Abschluss der europäischen Harmonisierung anzugeben. Es sollten jedoch auf europäischer Ebene solche Forschungsanstrengungen unterstützt werden, welche sich mit praxisbezogenen Grundsatzfragen der vorgelegten Art befassen.

9 VERZEICHNISSE

9.1 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] KOLLER, K.: Bedeutung des Wassers. *Pro Umwelt* Heft 2/2003 (2003).
- [2] DRESCHER, C.: Wasser als Heil- und Lebensmittel. *Gesund & Leben* Heft 5/2003 (2003)
- [3] ?: Lachse verbreiten Umweltgift. *Die Presse* 18. September 2003 (2003)
- [4] HIRNSCHALL, H.; CAR, M.; u.a.: Richtlinie für Recycling-Baustoffe; Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, 5. Auflage; Wien Juli 2003
- [5] LITZKA, J.: Studienblätter Straßenbau I; Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung TU Wien, Wien WS 1997/98
- [6] <http://www.bics.be.schule.de/son/verkehr/bautech/strassen/>
- [7] <http://www.ferme.de>
- [8] <http://berg.heim.at/almwiesen/411210/hoehenStraBe.htm>
- [9] http://member.ycom.at/~zenz/allbau/main_unt_1.htm
- [10] BLAUMOSER-MEDLIN, H.: Betonstraßentagung 2003 – Straßenbau für eine sichere Zukunft. *Österreichische Bau-Zeitung* Heft 23 (2003)
- [11] http://www.bmvit.gv.at/sixcms_upload/media/131/kurzfassung_gvp.pdf
- [12] Jahresstatistiken Fachverband der Bauindustrie 1994-2002. Fachverband der Bauindustrie, Wien (1994-2002)
- [13] Duden (Deutsches Universalwörterbuch, Dudenverlag, 5. Auflage, Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich; 2003
- [14] Österreichisches Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl. 2002/102
- [15] SCHNEIDER, U; BRUCKNER, H: Baustoffkenntnis, 15. Auflage, Scholz/Hiese; Werner Verlag, Düsseldorf, August 2003
- [16] METTKE, A.: Wiederverwendung von Bauelementen des Fertigteilbaus. Umwelt Wissenschaften 5. Taunusstein: Eberhard Blottner Verlag, 1995
- [17] ?: Riesen von Leonding. *U-Bahn Express* 14. April 2003 (2003)
- [18] SOTEK, M.: Berücksichtigung umweltrelevanter Leistungen in standardisierten Leistungsbeschreibungen; Diplomarbeit am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft TU Wien, Wien; 2002

- [19] Titelseite *Die neue Umwelt*; Die Umweltberatung, Heft 2b, 2003
- [20] HARTNER, O.: Bitumen; *Asphalthandbuch*, GESTRATA, 2. Auflage, Wien, 1996
- [21] TOMPKINS, P.: Cheops; Wiener Verlag, Wien, 1973
- [22] JUNG E.F.: Sie bezwangen Rom; Econ-Verlag, Düsseldorf und Wien; 1980
- [23] Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001 – Teilband Leitlinien zur Abfallverbringung und Behandlungsgrundsätze; erlassen vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; 28. Dezember 2001
- [24] Österreichischer Baustoff-Recycling Verband: <http://brv.at>; 11.10.2003
- [25] <http://www.fir-recycling.nl/Deutsch/introduction.htm>
- [26] GRECH H., OLIVA J., SCHEIBENGRAF M., ANGERER T.: Recyclingbaustoffe – Regelung der Umweltverträglichkeit; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2002
- [27] www.entsorgung.at
- [28] ?: Bauschutt-Recycling bringt wertvolle Rohstoffe. *Bezirksjournal* 17. August 2003 (2003)
- [29] SCHÜSSEL W., FELLERER F., LETMAIER S.: Freiwillige Vereinbarung zwischen den Fachorganisationen der Bauwirtschaft und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten über die Heranziehung von Recyclingmaterialien, Wien, 1990
- [30] Österreichisches Wasserrechtsgesetz Deponien, BGBl. 1959/215
- [31] OECD: recycling strategies for road works, 1997
- [32] LITZKA, J.: Studienblätter Straßenbau II; Institut für Straßenbau und Straßen-erhaltung TU Wien, Wien SS 2002
- [33] GROßSCHARTNER, K.: Zusammenfassung seiner Rede auf der Informationsver-anstaltung des BRV in Wels, 4.11.2003
- [34] <http://www.bernegger.at/produkte/fraesrec/fraesrec.htm>
- [35] HINTSTEINER, E.: Recycling im Asphaltstraßenbau; *Asphalthandbuch*, GESTRA-TA, 2. Auflage, Wien, 1996
- [36] MÖBIUS, S.: Bauen mit Recycling-Materialien im Garten- und Landschaftsbau, Diplomarbeit FH Erfurt, Erfurt, 2002
- [37] KOHLER, G.: Recyclingpraxis Baustoffe, Verlag TÜV Rheinland, 2. Auflage, Duisburg, 1994
- [38] Verordnung Mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen , BGBl. 2002/472

- [39] Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau; Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen; Wien
- [40] Mitteilungen des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB aktuell), Ernst&Sohn, Berlin, 2000-2003
- [41] Schweizer Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbausasphalt, Straßenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch) herausgegeben durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Juli 1997
- [42] Österreichisches Wasserrechtsgesetz BGBl. 1959/215
- [43] Österreichische Baurestmassentrennverordnung (VO Bauschutt) BGBl. 1991/259
- [44] Österreichische Deponieverordnung (DeponieVO) BGBl. 1996/164
- [45] Österreichisches Altlastensanierungsgesetz (AISAG), BGBl. 299/1989
- [46] Österreichische Abfallnachweisverordnung (AbfallnachweisVO) BGBl. 1991/65
- [47] Österreichische Festsetzungsverordnung BGBl. 2000/178
- [48] Österreichische Grundwasserschwellenwertverordnung (GSwV) BGBl. 1991/502 bzw. 1997/213
- [49] Rechtsinformationssystem des Bundeskanzleramtes (www.ris.bka.gv.at)
- [50] Das Österreichische Lebensmittelbuch (Codex Alimentarius Austriacus), Juli 2002
- [51] ÖNORM L 1075 – Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden – ausgewählte Richtwerte; Österreichisches Normungsinstitut; Wien Juni 1993
- [52] ÖNORM S 2072, Eluatklassen (Gefährdungspotential) von Abfällen; Österreichisches Normungsinstitut; Wien Dezember 1990 (zurückgezogen 2002)
- [53] ÖNORM S 2088-1, Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Oktober 1997
- [54] ÖNORM S 2088-2, Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Boden, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, Juni 2000
- [55] ÖNORM M 6250, Öffentliche Trinkwasserversorgung – Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers; Österreichisches Normungsinstitut; Wien März 1986 (August 1993)
- [56] Merkblatt „Verwendung von Böden als Schüttung“; Fachverband der Bauindustrie; Wien Juni 1998
- [57] Österreichisches Instituts für Bautechnik www.oib.or.at

- [58] ROSENBERGER, M.: Technische und ökologische Eigenschaften von Recycling-Baustoffen unter besonderer Berücksichtigung einer Ökobilanzierung von Recycling-Beton; Diplomarbeit am Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz TU Wien, Wien; 1997
- [59] SCHULZ, I: Eluatgewinnung mittels Ultraschallbehandlung, *RC news*, Heft 2/2003, Berlin, 2003
- [60] Empfehlung für Recycling-Richtlinien, FIR, 1998
- [61] ALTMANN, F.; Albrecht, B.; BERIÉ, E.: Die Welt kompakt, Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt/Main, 2001
- [62] CUPERUS, G.: Email vom 4.9.2003
- [63] HIRNSCHALL, H.; CAR, M.; u.a.: Richtlinie für Recycling-Baustoffe; Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, 4. Auflage; Wien Oktober 2002
- [64] Deutsche Trinkwasserverordnung (TrinkwV) BGBL. I, S. 2613, 12. Dezember 1990 bzw. 1. Jänner 2003
- [65] WALKER, I: Optimierung der Verwertung und Vermarktung mineralischer Baustoffe aus Bauabfällen; Institut für Siedlungswasserwirtschaft RWTH Aachen, Aachen, 2000
- [66] HOLNSTEINER, R.: Praxisgerechte Prüfung des Auslaugverhaltens von industriellen Nebenprodukten und Recyclingbaustoffen; Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Heft 468, Wien, 1997
- [67] Recycling-Baustoffe für den Straßenbau – Gütesicherung RAL-RG 501/1; Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., St. Augustin 1999
- [68] Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau – TL Min-StB 2000; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2000
- [69] DIN 4226-100 – Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel, Teil 100; Deutsches Institut für Normung, Berlin, Februar 2002
- [70] DAfStb-Richtlinie Beton mit rezykliertem Zuschlag; Deutscher Ausschuß für Stahlbeton; Berlin, August 1998
- [71] Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Mitteilung 20, 4.Auflage; Erich Schmidt Verlag, Berlin, November 1997
- [72] Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen – BN 918 062; Deutsche Bahn, Frankfurt, März 2000
- [73] Abfall – Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Juli 1997
- [74] SIA 162/4 Recyclingbeton; Schweizerische Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich, 1994

- [75] Informationsschrift zum Thema Sekundärbaustoffe; Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn (AfU), Solothurn, November 1996 bzw. 2001
- [76] Amtsblatt der autonomen Region Südtirol; Dekret des Landeshauptmanns: Durchführungsverordnung zur Wiederverwertung von Baurestmassen und die Qualität von Recycling-Baustoffen; Bozen, Dezember 1999
- [77] Leidraad bodemsanering; Niederländisches Umweltministerium; s' Gravehage, 1983
- [78] Building materials decree, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment; Sdu Uitgevers The Hague, 1999
- [79] BEK 655 aus www.retsinfo.dk/DELFIN/HTML/B2000/0065505.htm; 27.6.2000
- [80] EG-Trinkwasser-Richtlinie (80/778/EWG), 15. Juli 1980
- [81] EG-Oberflächengewässer-Richtlinie für die Trinkwassergewinnung (75/440/EWG), 25. Juli 1975
- [82] Entscheidung des Rates zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldeponien gemäß Artikel 16 und Anhang II der Richtlinie 1999/31/EG, Rat der EU, Brüssel, 16. Dezember 2002
- [83] Charta „Ein Europa mit einer effizienten Bauwirtschaft für Umwelt und Beschäftigung“; Verband der europäischen Bauwirtschaft (FIEC), Luxemburg, 2000
- [84] VAN DIJK, E: email vom 14.9.2003: Umrechnungstabellen für Building materials decree
- [85] KOGLMANN, P: *Kreislaufwirtschaft fördern*, Interview mit Dipl.-Ing. Martin Car in der bau.Zeitung Heft 39/02, Wien, 2002
- [86] CAR, M: Gespräch am 22. März 2002
- [87] SCHULZ, I.: Regelwerke zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen; Bundesvereinigung Recycling Bau e.V.; Berlin; 2000
- [88] Werbung im Österreichischen Baumagazin; Heft 7-8/2003; Wien, 2003
- [89] WÖRNER, T.: Umweltverträglichkeit alternativer Baustoffe für den Straßenbau; Dissertation an der Universität Karlsruhe; Karlsruhe, 1988
- [90] HUGENER, M., MATTREL, P., SCHMID, P.: Recycling von Straßenbelägen – ein Umweltproblem?; Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt; Dübendorf, Schweiz; 2003
- [91] Merkblatt zur Entsorgung von teerhaltigem Ausbauasphalt/teerbelastetem Koffermaterial aus dem Strassenbau; Amt für Umwelt und Energie, Basel Stadt; Basel; 2003
- [92] VAN DER ZWAN, J.T.: Recycling in road construction – more than technology; *Routes-Roads*; Heft 319, Paris, Juli 2003

- [93] Österreichisches Umweltbundesamt:
<http://www.ubavie.gv.at/umweltsituation/boden/gesetz/gesetz.htm>
- [94] HIERSCHE, E.; WÖRNER T.: Alternative Baustoffe im Bauwesen; Ernst&Sohn, Berlin, 1990
- [95] WIHART, R.: Die Maßnahmen der EU zur Förderung der Kreislaufwirtschaft – ein Überblick; Manuskript zum Vortrag am XII Interforum 2003 in Pamplona, Wien, 2003
- [96] CAR, M: Gespräch am 3. Mai 2002; Geschäftsführer des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes; Wien
- [97] ZÄHRER, L: Neuregelung der Umweltverträglichkeit von Recycling-Baustoffen, Vortrag bei der Informationsveranstaltung des BRV in Wels, 4. November 2003
- [98] ÖNORM B 2251, Abbruch- und Demontearbeiten - Werkvertragsnorm, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, April 1996
- [99] Bundesvereinigung Recycling Bau e.V. <http://www.recycling-bau.de>; 17.1.2004

9.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 2-1 LEBENSZYKLUS EINES BAUPRODUKTES [15]	9
ABBILDUNG 2-2 ZUSAMMENSETZUNG DER ANFALLENDEN BAURESTMASSEN, ERGÄNZT UM DAS ENTSPRECHENDE ABFALLAUFKOMMEN 2001 [18]	10
ABBILDUNG 2-3 BAUSTOFF-RECYCLING-MASSEN IN ÖSTERREICH [24]	13
ABBILDUNG 3-1 ASPHALT-RECYCLING-METHODENÜBERSICHT [35]	24
ABBILDUNG 3-2 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINER KALTFRÄSE [94]	25
ABBILDUNG 3-3 MÖGLICHKEITEN DER ZUGABE VON ASPHALTFRÄSGUT UND ASPHALTGRANULAT IN CHARGENMISCHANLAGEN [94]	26
ABBILDUNG 3-4 MÖGLICHKEITEN DER ZUGABE VON ASPHALTFRÄSGUT UND ASPHALTGRANULAT IN TROMMELMISCHANLAGEN [94]	27
ABBILDUNG 3-5 MÖGLICHKEITEN DER ZUGABE VON ASPHALTFRÄSGUT UND ASPHALTGRANULAT IN PARALLELtrommel-MISCHANLAGEN [94]	27
ABBILDUNG 3-6 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES EINBAUZUGES FÜR RESHAPE- MAßNAHMEN [94]	28
ABBILDUNG 3-7 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES EINBAUZUGES FÜR REPAVE- MAßNAHMEN [94]	29
ABBILDUNG 3-8 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINES EINBAUZUGES FÜR REMIX- MAßNAHMEN [94]	29
ABBILDUNG 4-1 DAS ÜA-ZEICHEN DER ÖA-BAUSTOFFLISTE [57]	51
ABBILDUNG 4-2 WERBUNG MIT ÜA-ZEICHEN FÜR EIN KAMINSYSTEM [88]	52
ABBILDUNG 4-3 BEISPIEL EINES STRABENAUFBAUS NACH RVS 3.63 (SYSTEMSKIZZE) [39]	65
ABBILDUNG 4-4 BEMESSUNGSTABELLE FÜR OBERBAUTEN MIT BITUMINÖSEN BEFESTIGUNGEN NACH RVS 3.63 [39]	66
ABBILDUNG 4-5 BEMESSUNGSTABELLE FÜR OBERBAUTEN MIT BETONDECKEN NACH RVS 3.63 [39]	67
ABBILDUNG 5-1 ABLAUSCHEMA DER ÜBERPRÜFUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHKEIT GEMÄß BRV-RICHTLINIE 5. AUFLAGE [4]	77
ABBILDUNG 5-2 EINTEILUNG VON TEERHALTIGEM AUSBAUASPHALT/KOFFERMATERIAL IN DER SCHWEIZ [91]	86
ABBILDUNG 7-1 GÜTEZEICHEN RECYCLING-BAUSTOFFE DES GSV [24]	110

9.3 TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 2-1 BAURESTMASSEN UND STRAßENAUFBRUCH PRO JAHR LT. BAWP [23].....	12
TABELLE 2-2 RECYCLING-BAUSTOFFE AUS DEM TIEFBAU, DIE IN ÖSTERREICH WIEDERUM IM TIEFBAU EINGESETZT WERDEN [24]	17
TABELLE 2-3 ANWENDUNGSBEREICHE IM TIEFBAU [4].....	18
TABELLE 2-4 RECYCLING-BAUSTOFFE, DIE IN ÖSTERREICH AUS DEM HOCHBAU KOMMEND EINGESETZT WERDEN [24].....	20
TABELLE 3-1 PRÜFINTERVALLE IN DEN UNTERSUCHTEN LÄNDERN.....	33
TABELLE 3-2 SCHÄTZUNGEN DES BRV DER RECYCLIERTEN MASSEN NACH SPARTEN [24]	43
TABELLE 4-1 MENGENSCHWELLEN FÜR DIE TRENNUNG NACH STOFFGRUPPEN [43]	46
TABELLE 4-2 ALTLASTENSANIERUNGSBEITRÄGE IN € PRO TONNE [45]	48
TABELLE 4-3:ZUSCHLÄGE ZUM ALTLASTENSANIERUNGSBEITRAG FÜR NICHT AUSREICHEND GEDICHTETE DEPONIEEN [45]	48
TABELLE 5-1 UMWELTTECHNISCHE EINSATZBEREICHE (MINDESTANFORDERUNGEN) [4].	76
TABELLE 6-1 UMRECHNUNGSFAKTOREN	95
TABELLE 6-2 UMRECHNUNGSFAKTOREN AUSNAHMEN	95

10 ANHANG (TABELLEN UND ABBILDUNGEN)

Tabelle 10-1	Werte aus Österreichische Deponieverordnung [44]	A 1
Tabelle 10-2	Werte aus Österreichische Grundwasserschwellenwertverordnung [48]	A 2
Tabelle 10-3	Werte aus Bundes-Abfallwirtschaftsplan [23]	A 3
Tabelle 10-4	Werte aus Österreichischem Lebensmittelbuch [50]	A 4
Tabelle 10-5	Werte aus ÖNORM L 1075 [51]	A 5
Tabelle 10-6	Werte aus ÖNORM S 2072 [52]	A 6
Tabelle 10-7	Werte für Eluate aus ÖNORM S 2088-1 [53]	A 7
Tabelle 10-8	Werte für Grundwasser aus ÖNORM S 2088-1 [53]	A 8
Tabelle 10-9	Werte für Böden mit Lebensraumfunktion (Gesamtgehalte) aus ÖNORM S 2088-2 [54]	A 9
Tabelle 10-10	Werte für Produktionsfunktion (Gesamtgehalte) aus ÖNORM S 2088-2 [54]	A 10
Tabelle 10-11	Werte aus ÖNORM M 6250 [55]	A 11
Tabelle 10-12	Werte aus Merkblatt „Verwendung von Böden als Schüttung“ [56]	A 12
Tabelle 10-13	Werte aus Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 4. Auflage [63]	A 13
Tabelle 10-14	Werte aus Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 5. Auflage [4]	A 14
Tabelle 10-15	Werte aus Deutsche Trinkwasserverordnung [64]	A 15
Tabelle 10-16	Deutsche Bundesländerregelungen; Werte aus [65], [66]	A 16
Tabelle 10-17	Werte aus Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau [68]	A 17
Tabelle 10-18	Werte aus DIN 4226-100 [69]	A 18
Tabelle 10-19	Werte aus DAfStb-Richtlinie Beton mit rezykliertem Zuschlag [70]	A 19
Tabelle 10-20	Werte aus Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [71]	A 20
Tabelle 10-21	Werte aus Technische Lieferbedingungen Deutsche Bahn [72]	A 21
Tabelle 10-22	Werte aus Informationsschrift zum Thema Sekundärbaustoffe; Solothurn [75]	A 22
Tabelle 10-23	Werte aus SIA 162/4 [74]	A 23
Tabelle 10-24	Werte aus dem Dekret des Landeshauptmanns [76]	A 24
Tabelle 10-25	Werte für Boden aus Leidraad bodemsanering [77]	A 25
Tabelle 10-26	Werte für Grundwasser aus Leidraad bodemsanering [77]	A 26

Tabelle 10-27	Werte aus Building materials decree [78]	A 27
Tabelle 10-28	Umrechnungstabelle für Building materials decree [84]	A 28
Tabelle 10-29	Werte aus BEK 655 [79]	A 29
Tabelle 10-30	Werte aus EG-Trinkwasser-Richtlinie [80]	A 30
Tabelle 10-31	Werte aus EG-Oberflächengewässer-Richtlinie für die Trinkwassergewinnung [81]	A 31
Tabelle 10-32	Werte aus Entscheidung des Rates bezüglich Richtlinie 1999/31/EG [82]	A 32
Tabelle 10-33	Gesamtzusammenstellung aller Regelwerke und deren Grenzwerte	
Tabelle 10-34	Zusammenstellung aller österreichischen Regelwerke und deren Grenzwerte	
Tabelle 10-35	Zusammenstellung aller deutscher Regelwerke und deren Grenzwerte	
Tabelle 10-36	Zusammenstellung aller übrigen Regelwerke und deren Grenzwerte	
Tabelle 10-37	Zusammenstellung aller Regelwerke (nur Recycling Richtlinien-relevante Parameter)	
Tabelle 10-38	Zusammenstellung aller Recycling Regelwerke und deren Parameter)	
Tabelle 10-39	Zusammenstellung aller Regelwerke (nur Österreich-relevante Parameter)	

Anmerkung: Die Tabellen 10-33 bis 10-39 sind aufgrund ihres Umfanges nur auf der CD abrufbar.

Das Passwort lautet: brv

Abbildung 10-1	min. pH-Wert - alle Regelwerke	A 33
Abbildung 10-2	max. pH-Wert - alle Regelwerke	A 34
Abbildung 10-3	elektr. Leitfähigkeit - alle Regelwerke	A 35
Abbildung 10-4	Chrom gesamt im Eluat - alle Regelwerke	A 36
Abbildung 10-5	Kupfer gesamt im Eluat - alle Regelwerke	A 37
Abbildung 10-6	Ammonium-N im Eluat - alle Regelwerke	A 38
Abbildung 10-7	Nitrit-N im Eluat - alle Regelwerke	A 39
Abbildung 10-8	Σ KW gesamt im Eluat - alle Regelwerke	A 40
Abbildung 10-9	Sulfat im Eluat - alle Regelwerke	A 41
Abbildung 10-10	Σ PAK (Feststoff) - alle Regelwerke	A 42
Abbildung 10-11	min. pH-Wert – nur Recycling-Richtlinien	A 43
Abbildung 10-12	max. pH-Wert - nur Recycling-Richtlinien	A 44
Abbildung 10-13	elektr. Leitfähigkeit - nur Recycling-Richtlinien	A 45
Abbildung 10-14	Chrom gesamt im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 46
Abbildung 10-15	Kupfer gesamt im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 47
Abbildung 10-16	Ammonium-N im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 48
Abbildung 10-17	Nitrit-N im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 49
Abbildung 10-18	Σ KW gesamt im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 50
Abbildung 10-19	Sulfat im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 51
Abbildung 10-20	Σ PAK (Feststoff) - nur Recycling-Richtlinien	A 52
Abbildung 10-21	Σ PAK im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 53
Abbildung 10-22	Blei gesamt im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 54
Abbildung 10-23	Aluminium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 55
Abbildung 10-24	Antimon im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 56
Abbildung 10-25	Arsen im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 57
Abbildung 10-26	Barium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 58
Abbildung 10-27	Beryllium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 59
Abbildung 10-28	Bor im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 60
Abbildung 10-29	Cadmium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 61
Abbildung 10-30	Chrom VI im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 62
Abbildung 10-31	Cobalt im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 63
Abbildung 10-32	Eisen im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 64
Abbildung 10-33	Mangan im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 65
Abbildung 10-34	Molybdän im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 66
Abbildung 10-35	Nickel im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 67

Abbildung 10-36	Quecksilber im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 68
Abbildung 10-37	Selen im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 69
Abbildung 10-38	Silber im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 70
Abbildung 10-39	Thallium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 71
Abbildung 10-40	Vanadium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 72
Abbildung 10-41	Zink im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 73
Abbildung 10-42	Zinn im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 74
Abbildung 10-43	Σ CKW im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 75
Abbildung 10-44	Σ BTX im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 76
Abbildung 10-45	Nitrat im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 77
Abbildung 10-46	Σ N im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 78
Abbildung 10-47	AOX im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 79
Abbildung 10-48	Bromide im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 80
Abbildung 10-49	Chlorid im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 81
Abbildung 10-50	Flourid im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 82
Abbildung 10-51	Natrium im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 83
Abbildung 10-52	Phosphat-P im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 84
Abbildung 10-53	Sulfid im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 85
Abbildung 10-54	CSB im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 86
Abbildung 10-55	Σ DOC im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 87
Abbildung 10-56	Cyanide gesamt im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 88
Abbildung 10-57	Cyanide, leicht freisetzbar im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 89
Abbildung 10-58	Phenolindex im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 90
Abbildung 10-59	Σ PCB im Eluat - nur Recycling-Richtlinien	A 91
Abbildung 10-60	Σ KW Gesamtgehalt Feststoffe - nur Recycling - Richtlinien	A 92
Abbildung 10-61	Σ EOX Gesamtgehalt Feststoffe - nur Recycling - Richtlinien	A 93

Anmerkung: Die Dimension **[mg/kg TS]** bedeutet Milligramm pro Kilogramm Trockensubstanz. Das bedeutet, das untersuchte Material wird vor dem Eluat-Versuch in einem Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend abgewogen. So kann nach dem Eluat-Versuch der ausgewaschene Anteil (mg) mit der ursprünglichen Trockensubstanz in Verhältnis gesetzt werden.