

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
- Umweltzeichen -

Forschungsbericht 297 95 381
UBA-FB 000168



**Untersuchung von
Möglichkeiten zur Förderung
von Recyclingbauprodukten
für den Hochbau durch das
Umweltzeichen**

von

Prof. Dr. Peter Schließl

Prof. Dr. Detlef Heinz

Schließl & Raupach, Consulting-Engineering, Aachen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von DM 20,-- (10,26 Euro)
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 1.3
Elke Kreowski

Berlin, April 2001

Berichts - Kennblatt

Berichtsnummer 1. UBA-FB III 1.3	Aktenzeichen 2. 90081-1/258	3.
4. Titel des Berichts Untersuchung von Möglichkeiten zur Förderung von Recyclingbauprodukten für den Hochbau durch das Umweltzeichen		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Schießl, Peter Heinz, Detlef		8. Abschlußdatum 21.Okt. 1999
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Schießl & Raupach, Consulting-Engineering Bergdriesch 4, 52062 Aachen		10.UFOPLAN  Nr. 297 95 381
		11. Seitenzahl AB = 173 ; DB = 159
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin		12. Literaturangaben AB = 110 ; DB = 137
		13. Tabellen AB = 45 ; DB = 36
		14. Abbildungen AB = 10 ; DB = 18
15. Zusätzliche Angaben 1 Abschlußbericht (AB) und 1 Dokumentationsband (DB)		
16. Kurzfassung Die Anforderungen an Recyclingbaustoffe für den Hochbau zur Umweltzeichenvergabe, die sich am einzelnen Produkt eindeutig nachweisen lassen, wurden zunächst in einem Grobraster formuliert. Die Gebrauchstauglichkeit der Recyclingbauprodukte muß der herkömmlicher Bauprodukte entsprechen. Die Produkte müssen normgerecht, vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT) zugelassen oder grundsätzlich zulassungsfähig sein. Die Förderungsmöglichkeit wurde vor dem Hintergrund der ökologisch günstigsten Lösung erarbeitet. Dabei wurden insbesondere die Aspekte der Ressourcenschonung, der einzusetzenden Energie und des möglichen Schadstoffeintrags berücksichtigt. Für die Bewertung wurden die Produktgruppen „Betonwaren“, „Baukeramik“, „hydrothermal gehärtete Baustoffe“ und „Mörtel/Putz/Estrich“ getrennt bearbeitet, da die technisch einsetzbaren Mengen von sekundären Rohstoffen in den einzelnen Produktgruppen sehr unterschiedlich sind. Dabei gilt allgemein, daß der Sekundärrohstoff entweder einen wesentlichen Anteil oder aber eine wesentliche Funktion am Recyclingbauprodukt haben muß, und die Energiemehraufwendungen zur Herstellung des Produktes mit dem sekundären Rohstoff um nicht mehr als 10 % höher liegen als die zur Herstellung des Produktes mit natürlichen Rohstoffen (Nachweis KEA_H). Zu berücksichtigen sind dabei auch die Energiemehraufwendungen für Transport und Aufbereitung. Das wesentliche Ziel der Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte liegt in der Erhöhung der Akzeptanz eines Einsatzes von Sekundärrohstoffen. Dies kann nur dann sinnvoll erfolgen, wenn die Zeichenvergabe, wie im Bericht erarbeitet und dargestellt, strikt produktgruppenspezifisch erfolgt.		
17. Schlagwörter Abfall zur Verwertung, Sekundärrohstoff, Umweltzeichen Blauer Engel, Bewertungskriterien, Umweltverträglichkeit, Recyclingprodukte, Baustoffgruppen, kumulierter Energieaufwand		
18. Preis	19.	20.

Berichts - Kennblatt

Report No. 1. UBA-FB III 1.3	Reference No. 2. 90081-1/258	3.
4. Report Title Investigations on the promotion of recycling building materials with an eco-label		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Schießl, Peter Heinz, Detlef		8. Report Date 21.Oct. 1999 9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) Schießl & Raupach, Consulting-Engineering Bergdriesch 4, 52062 Aachen		10.UFOPLAN-Ref.No. 297 95 381 11. No. of Pages AB = 173 ; DB = 159
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin		12. No. of References AB = 110 ; DB = 137 13. No. of Tables AB = 45 ; DB = 36 14. No. of Figures AB = 10 ; DB = 18
15. Supplementary Notes 1 main report (AB) und 1 documentation report (DB)		
16. Abstract For the promotion of recycling building materials requirements should be formulated, which can be clearly and definitely detected at every single product. Therefore a coarse scheme with valuation criterias was formulated. The fundamental condition of the recycling building materials is the usefulness according to conventional building products. The recycling products have to fulfill the requirements of standards, should have an approval by the german authority for building products (DIBT) or should be acceptable with the guidelines for a technical approval. Caused by the great differences in the technical realizable amounts of secondary raw materials in building materials the valuation was considered for the product groups „concrete products“, „ceramics“, „hydrothermal hardened building materials“ and „mortar/plaster/floor pavement“. Generally the secondary raw material have to be an essential component of the building product and/or has to fulfill an essential function. Further the energy consumption for the production of the recycling building material should not exceed 10 % compared to a product out of natural raw materials (proof KEA_H). Within this calculation the energy expenses for transport and preparation have to be regarded. The most important aim for the award of the eco label for building products is the enhancement of the acceptance for the utilization of secondary raw materials. This will only be efficient, if the labeling will happen strictly on specific product groups.		
17. Keywords waste, secondary raw material, eco-label, valuation criterias, environmental compatibility, recycling building products, product groups, cumulative energy demand		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	BEGRIFFE UND DEFINITIONEN	10
3	AUFGABENSTELLUNG	12
4	EINLEITUNG	14
5	DEFINITION „RECYCLINGBAUPRODUKT“	16
6	PRODUKTRECHERCHEN.....	17
6.1	ALLGEMEINES	17
6.2	BETON UND BETONWAREN.....	18
6.2.1	<i>Beton (DIN 1045, DIN 4219, DIN 4232)</i>	<i>18</i>
6.2.2	<i>Betonwaren.....</i>	<i>23</i>
6.3	MAUERZIEGEL, ZIEGELEIPRODUKTE UND KLINKER.....	25
6.4	KALKSANDSTEINE.....	28
6.5	PORENBETON.....	31
6.6	MÖRTEL, PUTZE UND LEICHTBETON.....	32
6.6.1	<i>Mauermörtel.....</i>	<i>32</i>
6.6.2	<i>Putzmörtel.....</i>	<i>34</i>
6.6.3	<i>Leichtbetonsteine.....</i>	<i>35</i>
6.7	PATENTE.....	36
6.7.1	<i>Allgemeines.....</i>	<i>36</i>
6.7.2	<i>Mit Wasserzusatz aushärtende dämmende Baustoffmasse.....</i>	<i>36</i>
6.7.3	<i>Leichtzuschlagstoffe auf der Grundlage von thermisch-chemisch umgewandeltem Asbestzement und Verfahren zu ihrer Herstellung.....</i>	<i>36</i>
6.7.4	<i>Vorgeformtes Bauteil, insbesondere Baustein</i>	<i>37</i>
6.7.5	<i>Verfahren zur Herstellung eines leichten Zuschlags für die Verwendung in der Bauindustrie</i>	<i>37</i>
6.7.6	<i>Formkörper aus keramischer Masse.....</i>	<i>38</i>
6.7.7	<i>Poröses mineralisches Leichtzuschlagstoffgranulat sowie Verfahren zu seiner Herstellung</i>	<i>38</i>
6.7.8	<i>Verfahren zum Herstellen von Ziegelformkörpern.....</i>	<i>38</i>

6.7.9 Verfahren zum Gewinnen von in Müllverbrennungsanlagen anfallenden Schlacken und daraus hergestellte Betongegenstände	39
--	----

7 BEWERTUNGSKRITERIEN 40

7.1 VORAUSSETZUNGEN UND ANFORDERUNGEN (GROBRASTER)	40
7.2 BESTEHENDE REGELWERKE UND BEWERTUNGSMAßSTÄBE.....	42
7.2.1 Allgemeines.....	42
7.2.2 Rechtsgrundlagen.....	43
7.2.2.1 Baurecht	43
7.2.2.2 Immissionsschutzrecht	43
7.2.2.3 Abfallrecht.....	44
7.2.2.4 Wasserrecht	45
7.2.2.5 Bodenschutzrecht	46
7.2.3 Angewendete Konzepte zur Beurteilung von mineralischen Baustoffen	47
7.2.3.1 Allgemeines.....	47
7.2.3.2 Bereich Abfall und stabilisierter Abfall/Reststoffe	48
7.2.3.3 Bewertungskonzept nach DIBt-Merkblatt (Entwurf)	52
7.2.3.4 Zusammenfassung	53
7.2.4 Bestehende Bewertungsmaßstäbe in Richtlinien und Empfehlungen.....	54
7.2.4.1 Allgemeines.....	54
7.2.4.2 Ökoleitfaden des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Entwurf vom 27.03.1998)	54
7.2.4.3 Arbeitshilfen Recycling des Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau und des Bundesministerium der Verteidigung	55
7.2.4.4 Planungshilfe "Umweltschutz im Bauwesen" der ARGEBAU	56
7.2.4.5 Einsatz von Recyclingbaustoffen, Merkblatt des Landes Mecklenburg-Vorpommern	57
7.2.5 Selbstverpflichtungen der Industrie	57
7.2.5.1 AUB - Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V.	57
7.2.5.2 KWTB - Kreislaufwirtschaftsträger Bau	58
7.2.6 Vorhandene Bewertungskataloge	58
7.2.6.1 BUG-Datenbank: Baustoffe/Umwelt/Gesundheit	58
7.2.6.2 DATA-BAUM der Transferstelle für ökologisches Planen und Bauen, Oekotransfer, Dresden.....	59
7.2.6.3 Baustoffdatenbank Transbau des Zentrums für ökologisches und biologisches Bauen in NRW, Ökozentrum, Hamm	59

7.2.6.4	INNOBAU	60
7.2.6.5	Baustoffdatenbank.....	60
7.2.6.6	Gisbau	61
7.3	KONTAKTE ZU INDUSTRIEVERBÄNDEN	61
7.4	UMWELTWIRKUNGEN UND GANZHEITLICHE BILANZIERUNG	62
7.4.1	Allgemeines.....	62
7.4.2	Ökobilanzen und Ökopprofile.....	63
7.4.3	Zusammenfassung.....	68
7.5	KONKRETISIERUNG DES BEWERTUNGSRASTERS	71
8	ANWENDUNG DER BEWERTUNGSKRITERIEN.....	85
8.1	ALLGEMEINES	85
8.2	VORLIEGENDE ANTRÄGE	86
8.2.1	Recycling-Betondachstein der Fa. Braas Dachsysteme GmbH & Co (Frankfurter Recycling Pfanne).....	86
8.2.2	Leichtbetonsteine aus Ziegelbruch, Firma SIMO-Werke.....	89
8.2.3	Betonprodukte mit Ziegelbruch - Firma Schwendilator	91
8.2.4	Hanseaten-Ziegel - Firma ETH Umwelttechnik	94
8.2.5	steanit Kalksandstein - Firma STEAG.....	96
8.2.6	Kalk-Zement-Leichtgrundputz, Estrichschüttungen aus Recyclingpolystyrol, Firma Eberhard Wornien ..	100
8.3	BETON NACH DIN 1045.....	103
9	ENTWÜRFE DER PRODUKTSPEZIFISCHEN VERGABEGRUNDLAGEN.....	106
9.1	ALLGEMEINES	106
9.2	BETONWAREN UNTER VERWENDUNG SEKUNDÄRER ROHSTOFFE	106
9.3	BAUKERAMIK UNTER VERWENDUNG SEKUNDÄRER ROHSTOFFE.....	112
9.4	HYDROTHERMAL GEHÄRTETE BAUSTOFFE UNTER VERWENDUNG SEKUNDÄRER ROHSTOFFE.....	117
9.5	MÖRTEL/PUTZ/ESTRICH UNTER VERWENDUNG SEKUNDÄRER ROHSTOFFE.....	123
10	ZIEL EINES UMWELTZEICHENS FÜR RECYCLINGBAUPRODUKTE	129
11	LITERATUR	130

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Untersuchung von Möglichkeiten zur Förderung von Recyclingbauprodukten für den Hochbau durch das Umweltzeichen sollten Anforderungen formuliert werden, die sich am einzelnen Produkt klar und eindeutig nachweisen lassen. Es sollten Bewertungsmaßstäbe und Kriterien für die Umweltverträglichkeit von Recyclingbauprodukten, insbesondere im Hinblick auf die spätere Entsorgung und den abzuschätzenden Schadstoffeintrag aufgestellt werden. Grundvoraussetzung sollte die Gebrauchstauglichkeit der Recyclingbauprodukte sein, die denen herkömmlicher Bauprodukte entsprechen muß. Weiterhin sollten alle Produkte normgerecht sein, vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassen oder grundsätzlich zulassungsfähig sein.

Die Förderungswürdigkeit von Recyclingbauprodukten ist vor dem Hintergrund der ökologisch günstigsten Variante darzustellen, wobei insbesondere die Aspekte der Ressourcenschonung, der einzusetzenden Energie und der möglichen Schadstoffanreicherung zu berücksichtigen sind.

Für die Bearbeitung wurde zunächst der Begriff „Recyclingbauprodukt“ festgelegt, weiterhin wurden im Rahmen einer Produktrecherche die am Markt bereits vertretenen, zugelassenen oder normgemäßen sowie die zur Produktionsreife entwickelten Recyclingbauprodukte ermittelt. Weiterhin wurden Abfälle, die für die Produktion von Baustoffen für die Hochbau geeignet sind aufgelistet und ihr Verwertungspotential aufgezeigt.

Auf Grundlage der in der Aufgabenstellung formulierten Zielgrößen wurde zunächst ein Grobraster mit Bewertungskriterien erarbeitet, das mit fortschreitender Bearbeitungsdauer spezifiziert wurde. Das Grobraster beinhaltet folgende Kriterien:

- a) Es muß ein Ersatz von Primärrohstoffen (Ressourcenschonung, Energieeinsparung) gegeben sein.
- b) Die Verwertung im Recyclingbauprodukt soll für den eingesetzten Abfall eine hochwertige Verwertung im Sinne des KrW-/AbfG darstellen. Die Hochwertigkeit kann technisch und/oder im Sinne einer gesamtökologischen Betrachtung definiert werden. Wird ein sekundärer Rohstoff bereits zu

100 % hochwertig verwendet, so ist der Einsatz in der beantragten Anwendung als nicht förderungswürdig anzusehen.

- c) Der Ausgangsstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, muß Abfall zur Verwertung oder sekundärer Rohstoff im Sinne des KrW-/AbfG sein. Die Verwendung betriebsinterner Produktionsrückstände ist als nicht förderungswürdig anzusehen.
- d) Der sekundäre Rohstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, muß wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes sein und/oder eine wesentliche Funktion erfüllen. In diesem Bereich muß eine Differenzierung nach Produktgruppen vorgenommen werden, da die technisch einsetzbaren Mengen in verschiedenen Produktgruppen sehr unterschiedlich sind. Im vorliegenden Fall wurden die Produktgruppen „Beton und Betonwaren“, „Baukeramik“, „Hydrothermal gehärtete Baustoffe“ und „Mörtel/Putz/Estrich“ bearbeitet. Für jede Produktgruppe wurden zu fordernde Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bei Berücksichtigung der Angaben in bestehenden Regelwerken definiert.

Für das Recyclingprodukt sind die Energiemehraufwendungen für Aufbereitung und Transport des sekundären Rohstoffes anhand nachvollziehbarer Antragsunterlagen zu berücksichtigen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn der „kumulierte Energieaufwand“ (KEA_H) zur Herstellung des Recyclingbaustoffes, bezogen auf die Produkteinheit, um nicht mehr als 10 % höher liegt, als der des Vergleichsproduktes aus natürlichen Rohstoffen (kein Recycling um jeden Preis!).

- e) Die Verwendung des vorgesehenen Abfalls zur Verwertung muß nach geltendem Recht genehmigungsfähig sein.
- f) Anfallende bzw. verwertete oder verwertbare Gesamtmengen sowie die Kosten für die Aufbereitung sind keine Bewertungskriterien.
- g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium.
- h) Bzgl. der im Bauproduktengesetz definierten wesentlichen Anforderungen muß das Recyclingbauprodukt die gleichen Anforderungen erfüllen wie vergleichbare Produkte aus Primärrohstoffen. Geänderte Eigenschaften dürfen den Verwendungszweck nicht beeinträchtigen (kein Bauprodukt zweiter Klasse).

Die Produkte müssen den baufsichtlichen Anforderungen entsprechen. Der Nachweis der technischen Eignung der Recyclingbauprodukte für den vorgesehenen Anwendungsbereich ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung /11/ bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

Im Sinne des Boden und Grundwasserschutzes gilt der Nachweis als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der LAGA eingehalten werden und geltende Verwendungsverbote und Beschränkungen für den Einsatz von Gefahrstoffen eingehalten werden.

Nach der Fertigstellung eines sich zur Zeit in Vorbereitung befindlichen Merkblattes des DIBt „Merkblatt zur Bewertung der Boden- und Grundwassergefährdung durch Bauprodukte“ /27/ sind die dort festgelegten Grundsätze maßgebend.

- i) Mehrfachrecycling oder Einspeisung in andere Kreisläufe muß ohne unzulässige Schadstoffanreicherungen möglich sein. Für eine Bewertung der Bauprodukte ist ihre gesamte Lebensdauer, d. h., Herstellung, Nutzung, Abbruch/ Rückbau sowie Verwertung/Entsorgung zu betrachten.

Auch hier sind im Hinblick auf die spätere Entsorgung die Technischen Regeln „Bauschutt“ der LAGA maßgebend.

Zur weiteren Konkretisierung dieses „Grobrasters“ wurde eine umfassende Recherche zu derzeit geltenden und geplanten Gesetzen, Regelungen und Empfehlungen zum Einsatz von Recyclingbaustoffen für den Hochbau, zu vorhandenen Selbstverpflichtungen bzw. Eigeninitiativen der Baustoffindustrie und zu vorhandenen Bewertungskatalogen für Baustoffe durchgeführt, sowie deren Anwendbarkeit auf die behandelte Fragestellung bewertet. Darüber hinaus wurden die Verbände der Steine- und Erdenindustrie zum Einsatz und zur Bewertung von Recyclingbauprodukten befragt. Vor dem Hintergrund einer zunehmend ganzheitlich-ökologischen Beurteilung von Produkten (Stichwort Ökobilanz) war es notwendig, eine Bestandsaufnahme der in der Fachdiskussion reflektierten Umweltwirkungen vorzunehmen und zu untersuchen, welche Bedeutung sie im Bereich der Steine-Erden-Industrie haben, und inwieweit sie in das Bewertungsraster für ein Umweltzeichen einfließen können.

Das wesentliche Ziel der Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte liegt in der Erhöhung der Akzeptanz eines Einsatzes von Sekundärrohstoffen.

Die betroffenen Industrien werden eine solche Zielsetzung nur dann akzeptieren, wenn ausgeschlossen ist, daß Produkte ohne und mit Umweltzeichen aus verschiedenen Produktgruppen und verschiedener Hersteller gegeneinander „ausgespielt“ werden können.

Dies ist dann gewährleistet, wenn die Kriterien, so wie hier vorgeschlagen, produktgruppenspezifisch sind und sich an den allgemein technisch realisierbaren Einsatzmengen der Sekundärrohstoffe ausrichten. Hierzu wurden die in den folgenden vier Tabellen dargestellten Anforderungen für die Produktgruppen: Betonwaren, Baukeramik, hydrothermal gehärtete Baustoffe sowie Mörtel/Putz/Estrich aufgestellt. Der Bericht enthält zusätzlich einen Bewertungsvorschlag für Beton nach DIN 1045. Für diese Produktgruppe lag jedoch kein konkreter Antrag vor.

Tabelle A: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Betonwaren“¹⁾“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ²⁾	Nachweis KEA _H ³⁾	Umweltzeichen ?
	M.-%		V.-% ⁴⁾		
1	2	3	4	5	6
1	-	-	≥ 80	ja	ja
2	-	-	≥ 80	nein	nein

1) Betonwaren gemäß Abschnitt 5.2.2

2) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes

3) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

4) bezogen auf den Zuschlaggehalt

Tabelle B: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Keramik“

Lfd. Nr.	Tonkomponente/ Magerungsmittel	Wirkstoff	Nachweis KEA _H ¹⁾	Umwelt- zeichen
	[M.-%] ²⁾	M.-%/V.-% ³⁾		?
1		4	5	6
1	> 50	-	ja	ja
2	-	100	ja	ja

1) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

2) bezogen auf den Anteil an der keramischen Rohmasse

3) bezogen auf den Wirkstoffgehalt

Tabelle C: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Hydrothermal gehärtete Baustoffe“

Lfd. Nr.	Bindemittel- komponente	Zuschlag- stoff	Zusatzstoff	Nachweis KEA _H ¹⁾	Umwelt- zeichen
	M.-% ²⁾	M.-% ³⁾	M.-%/V.-% ⁴⁾		?
1	2	3	4	5	6
1	≥ 50	≥ 50	-	ja	ja
2	-	≥ 80	-	ja	ja

1) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

2) bezogen auf den Bindemittelgehalt + reaktiver Zusatzstoffe

3) bezogen auf den Zuschlaggehalt

4) bezogen auf den Zusatzstoffgehalt

Tabelle D: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Mörtel/Putz/Estrich“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ¹⁾	Nachweis KEA _H ²⁾	Umweltzeichen ?
	M.-%		V.-% ³⁾		
1	2	3	4	5	6
1	-	-	≥ 80	ja	ja

- 1) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes
 2) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“
 3) bezogen auf den Zuschlaggehalt

Sowohl dem Endverbraucher als auch dem Fachmann, der den Baustoff im Auftrag des Endverbrauchers zur Realisierung einer bestimmten Bauaufgabe einsetzt, muß transparent gemacht werden, daß er ein, dem Bauprodukt aus Primärrohstoffen in technischer, wie auch in Hinsicht auf die Umweltverträglichkeit, gleichwertiges Produkt erhält. Aus Umweltsicht ist das Bauprodukt mit dem Umweltzeichen, das für ein spezielles bautechnisches Anforderungsprofil „intelligenter“ (vgl. /103/) Bauprodukt, weil es rohstoffschonend hergestellt wurde.

Eine grundsätzliche Befürchtung der Baustoffhersteller in Zusammenhang mit dem „Öko-Labeling“ (vgl. auch /109/) besteht darin, daß Produkte mit einem Umweltzeichen, das sie produktgruppenspezifisch erhalten haben, an anderer Stelle mit Produkten einer anderen Produktgruppe in Konkurrenz treten, die in ihrer Produktgruppe kein Umweltzeichen erhalten konnten. Dieser Befürchtung könnte, wie hier vorgeschlagen, durch eine Kennzeichnung der Produkte bzgl. ihrer Produktgruppe entgegengewirkt werden. Die Einteilung muß dabei, wie vorgeschlagen, relativ eng vorgenommen werden.

2 BEGRIFFE UND DEFINITIONEN

Abfall	Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muß und ... • die ... anfallen, ohne daß dies Zweck der Handlung war oder • deren ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgegeben wird, ohne daß ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt /72/.
Bauabfälle	Bauschutt, Baustellenabfälle, Bodenaushub und Straßenaufbruch /1/.
Bauprodukte	1. Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden, 2. aus Baustoffen oder Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertiggärten und Silos /69/. <u>im Sinne dieses Projektes jedoch nur:</u> Bauprodukte gemäß • Bauregelliste A - Ausgabe 97/1 Teil 1 Abschnitte 1 und 2 /85/
Emissionen	die von einer Anlage oder einem technischen Vorgang in die Atmosphäre gelangenden gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffe; ferner Geräusche, Erschütterungen, Lichtstrahlen, Wärme und radioaktive Wirkungen sowie flüssige und feste Stoffe, die nicht in die Atmosphäre, sondern in andere Umweltbereiche gelangen. Die Emission aus einer Verursacherquelle führt in der benachbarten Umwelt zu Immissionen, die mit der Entfernung abklingen /107/.
Industrielles Nebenprodukt	Material, das bei einem industriellen Produktionsprozeß neben dem eigentlichen Produkt anfällt und stofflich genutzt werden kann, weil es einen bestimmten Wert oder eine bestimmte Funktion hat /14/.
Lebensweg	Aufeinanderfolgende und miteinander verbundene Stufen eines Produktsystems von der Rohstoffgewinnung oder Gewinnung natürlicher Ressourcen bis zur endgültigen Beseitigung /51/.

Ökobilanz (LCA = life cycle assessment)	Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges /51/.
Primärrohstoff	Rohstoff aus einer Lagerstätte /22/.
Rohstoff	Primäres oder sekundäres Material, das zur Herstellung eines Produktes verwendet wird /51/.
Recycling	Erneute Verwendung oder Verwertung von Produkten oder Teilen von Produkten in Kreisläufen.
Recyclingbaustoff/ Recyclingbauprodukt	a) Abfall zur Verwertung oder sekundärer Rohstoff im Sinne des KrW-/AbfG, der Ausgangsstoff zur Herstellung eines Bauproduktes (Beispiel: Betonzuschlag oder Bindemittel) ist oder b) Bauprodukt (z. B. Betonwaren, KS-Steine, aber auch Beton allgemein), daß unter Verwendung von a) hergestellt wird.
Sekundäre Rohstoffe	Rohstoffe, die aus Rückständen, Reststoffen oder Abfällen gewonnen werden /14, 72/.
Umwelt	Umgebung, in der eine Organisation tätig ist; dazu gehören Luft, Wasser, Land, natürliche Ressourcen, Flora, Fauna, der Mensch sowie deren Wechselwirkungen /50/.
Umweltaspekt	Bestandteile von Aktivitäten einer Organisation, von Produkten oder von Dienstleistungen, die mit der Umwelt in Wechselwirkung treten können /51/.
Umweltauswirkung	Jede Veränderung der Umwelt, ob günstig oder ungünstig, die vollständig oder teilweise das Ergebnis der Tätigkeiten, Produkte oder Dienstleistungen der Organisation ist /50/.
Umweltverträglichkeit	Wechselwirkung eines Stoffes (bzw. Produktionsverfahrens) mit den Schutzgütern Wasser, Boden, Luft /67/.

- Verwertung (stoffliche Verwertung) Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe) oder die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke mit Ausnahme der unmittelbaren Energierückgewinnung. Eine stoffliche Verwertung liegt vor, wenn nach einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise, unter Berücksichtigung der im einzelnen Abfall bestehenden Verunreinigungen, der Hauptzweck der Maßnahme in der Nutzung des Abfalls und nicht in der Beseitigung des Schadstoffpotentials liegt /72/.
- Weiterverwertung ¹⁾ Erneute Benutzung eines gebrauchten Produktes (Altteils) für einen anderen Verwendungszweck, für den es ursprünglich nicht hergestellt wurde. Sie kann unter Nutzung der Gestalt ohne bzw. mit beschränkter Veränderung des Produktes erfolgen. Dabei kann die erneute Benutzung für einen anderen (bestimmten) Verwendungszweck bereits bei der Herstellung des Produktes berücksichtigt worden sein /108/.
- Weiterverwertung ¹⁾ Einsatz von Altstoffen und Produktions-Rücklaufmaterial bzw. Hilfs- und Betriebsstoffen in einem von diesen noch nicht durchlaufenen Produktionsprozeß. Durch die Weiterverwendung entstehen Wertstoffe oder Produkte mit anderen Eigenschaften und/oder anderer Gestalt /108/.
- Wiederverwendung ¹⁾ Erneute Benutzung eines gebrauchten Produktes (Altteils) für den gleichen Verwendungszweck wie zuvor unter Nutzung seiner Gestalt ohne bzw. mit beschränkter Veränderung einiger Teile /108/.
- Wiederverwertung ¹⁾ Wiederholter Einsatz von Altstoffen und Produktions-Rücklaufmaterial bzw. Hilfs- und Betriebsstoffen in einem gleichartigen wie dem bereits durchlaufenen Produktionsprozeß /108/.

1) diese Begriffe werden im folgenden unter dem Begriff „Verwertung“ zusammenfaßt.

3 AUFGABENSTELLUNG

In dieser Studie soll geprüft werden, in welchem Rahmen und unter welchen Voraussetzungen Recyclingbauprodukte für den Hochbau durch das Umweltzeichen gefördert werden können. Die Untersuchung ist für die Bauhauptgewerke,

jedoch nicht für Holzprodukte durchzuführen. Ziel ist gemäß Aufgabenstellung die Formulierung von Anforderungen, die sich am einzelnen Produkt klar und eindeutig nachweisen lassen. Es sollen dabei vor allem Bewertungsmaßstäbe und Kriterien für die Umweltverträglichkeit von Recyclingprodukten (z. B. Vermeidung von Schadstoffemissionen), insbesondere im Hinblick auf die spätere Entsorgung und den abzuschätzenden Schadstoffeintrag aufgestellt werden. Die Gebrauchstauglichkeit der Recyclingbauprodukte soll nachweislich der herkömmlicher Bauprodukte entsprechen und gefordert werden. Alle Produkte müssen normgerecht, vom Deutschen Institut für Bautechnik zugelassen oder grundsätzlich zulassungsfähig sein.

Eine Systematik ist dabei für folgende Produktgruppen schwerpunktmäßig zu berücksichtigen:

- Recyclingbauprodukte, die aus demselben Material und zum selben Gebrauchszweck hergestellt werden, z. B. Betondachsteine zu Recycling-Betondachsteinen
- Recyclingbauprodukte, bei denen aus Hochbauprodukten andere Hochbauprodukte hergestellt werden, z. B. Recycling von Dachziegeln zu Leichtbetonsteinen für den Schornsteinbau
- Recyclingbauprodukte, die aus Abfällen anderer Industriezweige hergestellt werden, z. B. Kalksandsteine aus Steinkohlenkraftwerkabfällen, Ziegelsteine aus Hafenschlick, Fassadenziegel aus Abfällen der Keramikindustrie (Anmerkung: Bei diesen Bauprodukten handelt es sich zwar nicht um Recyclingbauprodukte im klassischen Sinne; sie werden aber dennoch zunächst unter dem Begriff Recyclingbauprodukte geführt).

Es ist herauszuarbeiten, bei welchen Recyclingbauprodukten eine Förderung sinnvoll begründet werden kann. Hierzu ist darzustellen, daß es für den vorhandenen Abfall die ökologisch günstigste Verwertungsvariante darstellt, daraus Bauprodukte für den Hochbau herzustellen. Insbesondere sind die Aspekte der Ressourcenschonung, der einzusetzenden oder eingesparten Energie, der möglichen Schadstoffanreicherung in Bauprodukten bzw. in deren späteren Abfällen (s. KrW-/AbfG § 5 Abs. 3 u. 5 /72/) zu untersuchen.

Ausgehend von den obengenannten konkreten Beispielen, die ggf. durch weitere zu ergänzen sind, sind ökologische Kriterien vorzuschlagen, die zukünftig verallgemeinernd für eine Beurteilung von Recyclingbaustoffen im Hochbaubereich herangezogen werden können.

Die Studie wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt, das im folgenden kurz mit UBA bezeichnet wird.

4 EINLEITUNG

Moderne Umweltpolitik verfolgt das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung. Neben Risikominderung und Gefahrenabwehr stehen die Schonung endlicher Ressourcen und die eingeschränkte Belastbarkeit der Umweltmedien im Mittelpunkt der Bemühungen um den Erhalt der Basis des Wirtschaftens. Ein nachhaltiger Umgang mit Stoff-, Energie- und Materialströmen ist durch „moderne“ Produktionsverfahren und Verhaltensänderungen der an Produktion und Konsumtion Beteiligten zu erreichen. Die Umsetzung ökologischer Innovationen bedarf aber äußerer Anlässe und Handlungsanreize. Diese können die Form von gesetzlichen Regelungen wie z. B. Rücknahmeverpflichtungen nach Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) /72/ haben oder in der Verschaffung von Marketingvorteilen durch die Vergabe von Umweltzeichen (Öko-labeling) bestehen.

Die Vergabe von Umweltzeichen ist an bestimmte Anforderungen gekoppelt, die der Baustoff erfüllen muß. Hierbei stehen insbesondere Aspekte der Umweltverträglichkeit und Gesundheit/Hygiene sowie der Wiederverwert-/verwendbarkeit des Baustoffes im Vordergrund, wobei die Recyclingbaustoffe sowohl im jeweiligen Kreislauf der Verwendung bleiben können oder aus einem anderen Stoffstrom in einen neuen Kreislauf gelangen können. Eigenschaften wie z. B. Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit sollen nicht schwerpunktmäßig als Beurteilungskriterien für die Vergabe des Umweltzeichens herangezogen werden, da diese grundsätzlich im Rahmen der Zulassungsprüfungen für die Baustoffe bereits abgeprüft werden und als gegeben angenommen werden können.

Für Recyclingbaustoffe fehlen i. d. R. Anforderungsprofile an Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz (Umweltverträglichkeit) sowie Wiederverwert-/verwendbarkeit. Dies liegt zum einen sicherlich an der noch relativ jungen Historie

der Verwendung von Recyclingprodukten. Zum anderen fehlen aber auch Definitionen, die einen Recyclingbaustoff von einem Baustoff aus Primärrohstoffen unterscheiden.

Vor diesem Hintergrund wurden die folgenden Teilschritte bearbeitet, die in diesem Abschlußbericht dokumentiert sind:

1. Definition „Recyclingbauprodukt“:

Zur Abgrenzung der zu behandelnden Baustoffe von herkömmlichen, ausschließlich aus Primärrohstoffen hergestellten Baustoffen, mußte zunächst der Begriff „Recyclingbauprodukte“ festgelegt werden. Hierbei wurden unterschiedliche Szenarien betrachtet. Die Festlegung, welche Recyclingbauprodukte schließlich behandelt wurden, erfolgte in Absprache mit dem UBA.

2. Produktrecherche:

Im Rahmen einer Recherche auf der Grundlage der unter 1. erarbeiteten Definition wurden folgende Stoffmengen ermittelt:

- die am Markt bereits vertretenen, zugelassenen oder normgemäßen Recyclingbauprodukte für den Hochbau,
- zur Produktionsreife entwickelte Recyclingprodukte, die noch vor dem Markteintritt stehen und
- Abfälle, die für die Produktion von Baustoffen für den Hochbau geeignet sind und ihr Potential (verwertbare Mengen).

Ausgehend von der Leistungsbeschreibung und zur Abgrenzung einer in der gegebenen Zeit bearbeitbaren Produktgruppe, wurden ausschließlich mineralische Baustoffe für den Hochbau betrachtet.

3. Bewertungskriterien:

Auf der Grundlage der Aufgabenstellung wurde zunächst ein Grobraster mit Bewertungskriterien erarbeitet und mit dem UBA abgestimmt. Zur Konkretisierung dieses Bewertungsrasters wurde eine umfangreiche Recherche bestehender Regelwerke und ökologischer Bewertungsmaßstäbe durchgeführt. Darüber hinaus wurden in diesem Zusammenhang auch die Verbände der Steine- und Erdenindustrie zur Frage der Bewertung von Recyclingbauprodukten befragt. Auf der Basis dieser Erhebung und der unter 2. durchgeführten Produktrecherche wurden, soweit möglich, Bewertungskriterien aufgestellt und an-

hand der dem UBA vorliegenden Anträge sowie weiterer relevanter Baustoffe/Baustoffgruppen beispielhaft angewendet.

Der Abschlußbericht umfaßt 2 Berichtsbände. Band 1 (Abschlußbericht) stellt das Arbeitsergebnis zusammenfassend dar. Band 2 (Dokumentationsband) enthält zusätzliche Hintergrundinformationen, die zur Erarbeitung der o. g. Teilschritte verwendet wurden.

5 DEFINITION „RECYCLINGBAUPRODUKT“

Gemäß der Aufgabenstellung des UBA soll mit dieser Studie geprüft werden, in welchem Rahmen und unter welchen Voraussetzungen Recyclingbauprodukte für den Hochbau durch das Umweltzeichen gefördert werden können.

Als wesentliche Vorgabe des UBA gilt dabei, daß

- ein Ersatz von Primärrohstoffen gegeben ist und
- der Ausgangsstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, Abfall zur Verwertung oder sekundärer Rohstoff im Sinne des KrW-/AbfG /72/ sein muß.

Bauprodukte im Sinne des Bauproduktengesetzes /69/ sind

- Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden, sowie
- aus Baustoffen oder Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertiggaragen und Silos.

Im Sinne dieses Projektes sind dabei jedoch nur die Bauprodukte gemäß Bauregelliste A - Ausgabe 97/1 Teil 1 Abschnitte 1 und 2 /85/ und keine Bausysteme (z. B. Fassadenkonstruktionen, Verbunddämmstoffe etc.) zu behandeln.

Allgemein könnte das zu bewertende Recyclingbauprodukt somit entweder

- Ausgangsstoff zur Herstellung eines Bauproduktes (Beispiel: Betonzuschlag oder Bindemittel) oder
- Bauprodukt im Sinne eines „Endproduktes“ (z. B. Betonwaren, KS-Steine, aber auch Beton allgemein)

sein.

Da im Hinblick auf die Vergabe des Umweltzeichens der „Kaufanreiz“ für den Endverbraucher im Vordergrund stehen soll, werden in diesem Projekt „Endprodukte“ und nicht Zwischenprodukte wie z. B. Bindemittel oder Betonzusatzstoffe betrachtet. Das bedeutet beispielsweise, daß das Umweltzeichen, wenn die zu formulierenden Kriterien erfüllt sind, z. B. an Kalksandsteine unter Verwendung von Schmelzkammergranulat oder an Betone, die bestimmte Mengen Steinkohlenflugasche (SFA) oder rezyklierte Zuschläge enthalten, vergeben werden kann, nicht aber an das Schmelzkammergranulat, die SFA oder die rezyklierten Zuschläge selbst.

6 PRODUKTRECHERCHEN

6.1 Allgemeines

Im Rahmen der Produktrecherchen wurde eine Bestandsaufnahme durchgeführt, inwieweit, neben den dem UBA bereits vorliegenden Anträgen für Bauprodukte zur Vergabe des Umweltzeichens, im Bereich der Steine-Erden-Industrie Abfälle zur Verwertung bzw. sekundäre Rohstoffe eingesetzt werden und wo, nach dem derzeitigen Stand der Technik bzw. nach bestehenden Regelwerken, die Grenzen für den Einsatz solcher Stoffe liegen.

Die Produktrecherchen wurden für die im Hochbau eingesetzten mineralischen Bauprodukte gemäß Definition in Abschnitt 4, mit Ausnahme von Dämmstoffen, durchgeführt und umfaßt die folgenden vier Baustoffgruppen:

- Beton und Betonwaren,
- Baukeramik (Mauerziegel),
- Hydrothermal gehärtete Baustoffe (Kalksandsteine und Porenbeton)
- Mörtel / Putze / Estriche / Leichtbeton (Mauersteine)

Bei der Suche nach bereits vorhandenen Bauprodukten mit Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen sowie bestehenden Produktentwicklungen wurden Recherchen in Monographien, wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Firmenpublikationen und Zeitschrifteninseraten sowie Datenbankrecherchen (Patente) durchgeführt.

Für jeden Sekundärrohstoff bzw. jede Sekundärrohstoffgruppe werden die erreichbaren Substitutionsgrade im Produkt bzw. der Produktgruppe (sofern möglich nach Normen, bauaufsichtlichen Zulassungen und Richtlinien) zusammenfassend dargestellt. Darüber hinaus wird jeder Sekundärrohstoff, soweit möglich, im Dokumentationsband (II Sekundäre Rohstoffe) im Hinblick auf seine chemisch-mineralogische Zusammensetzung beschrieben. Angaben zu umweltrelevanten Inhaltsstoffen (z. B. anorganische Spurenelemente bzw. Schwermetallgehalte, Radioaktivität) wurden, soweit vorhanden, ebenfalls zusammengestellt. Der Dokumentationsband enthält außerdem für jeden Sekundärrohstoff Angaben zu den in Deutschland jährlich anfallenden Mengen sowie zu weiteren Einsatzgebieten.

6.2 Beton und Betonwaren

6.2.1 Beton (DIN 1045, DIN 4219, DIN 4232)

Beton ist ein künstlicher Stein, der aus einem Gemisch von Zement, Betonzuschlag und Wasser - gegebenenfalls auch mit Betonzusatzmitteln und Betonzusatzstoffen (Betonzusätze) - durch Erhärten des Zementleims (Zement-Wasser-Gemisch) entsteht /31/.

Läßt man die Gruppe der Betonzusatzmittel, die in der Stoffraumrechnung einer Betonzusammensetzung nicht berücksichtigt werden, außer acht, so ist Beton heute ein 4-Stoff-Gemisch, bestehend aus:

- Zement,
- Betonzuschlag,
- Wasser und
- Betonzusatzstoffen.

Bis auf das Anmachwasser handelt es sich bei den Betonausgangsstoffen bzw. den zur Herstellung dieser Stoffe eingesetzten Rohstoffen schon lange nicht mehr um reine Naturprodukte bzw. Primärrohstoffe. Sowohl die heute in Deutschland verwendeten Zemente nach DIN 1164 als auch die Betonzuschläge und die Betonzusatzstoffe bestehen oftmals auch aus Stoffen, die z. T. in anderen industriellen Herstellungsprozessen anfallen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über genormte oder bauaufsichtlich zugelassene sekundäre Rohstoffe zur Herstellung von Beton nach DIN 1045

Sekundärrohstoff / Abfall zur Verwertung		
1	2	3
Bindemittel	REA-Gips	
	Hüttensand	
	Steinkohlenflugasche (SFA)	
Zusatzstoffe	Steinkohlenflugasche (SFA)	
	Braunkohlenflugasche (BFA)	
	Silicastaub (SF)	
Zuschläge	Schmelzkammergranulat (SKG)	
	kristalline Hochofenstückschlacke	
	Hüttenbims (Produktion 1994 eingestellt)	
	ungemahlener Hüttensand (UHÜS)	
	rezyklierte Zuschläge	Beton
		mineralische Baustoffgemische
	Ziegelsplitt	
	Kesselsand	
	Blähglas	
	Metallhüttenschlacke	

Eine zusammenfassende Übersicht über maximal mögliche Einsatzmengen dieser sekundären Rohstoffe in Beton nach DIN 1045 und in Sonderbetonen nach bestehenden Regelwerken unter Einbezug praktischer Anwendungsgrenzen (incl. allg. bauaufsichtlicher Zulassungen und Zustimmungen im Einzelfall) gibt die folgende Tabelle 2.

Tabelle 2: Maximale Substitutionsmengen primärer Rohstoffe durch Sekundärrohstoffe in Beton nach DIN 1045 und in Sonderbetonen /86/ ^{1, 2}

Lfd. Nr.	Abfall zur Verwertung (Sekundärrohstoff)	Einsatz in / gemäß		Anteil in	Innenbauteil	
					B25	B35
1	2	3	4	5	6	7
Bindemittel/Zusatzstoffe						
1	(REA-Gips)		DIN 1164	6) M.-% 1) 6)	(6)	(6)
2	Hüttensand (HÜS)	CEMII/A-S	DIN 1164		20	20
3		CEMII/B-S	DIN 1164		35	35
4		CEM II/B- SV	DIN 1164		20	20
5		CEM III/A	DIN 1164		65	65
6		CEM III/B	DIN 1164		80	80
7		CEM III/C	Z-3.17-1294 5)		0	0
8		Steinkohlenflugasche (SFA)	CEM II A-V		DIN 1164	20
9	CEM II/B- SV		DIN 1164		20	20
10	Zusatzstoff 3)		EN 450/ Rili DAfStb		14	14
11	Füller				3 7)	3 7)
12	Braunkohlenflugasche (BFA)		Z-3.39-1370 5)		14	14
13	Silicastaub (SF)		Zulassung		10	10
Zuschläge						
14	Steinkohlenflugasche (SFA)	Füller	EN 450	Vol.- % 2)	3	3
15	Schmelzkammergranulat < 4mm (SKG)		DIN 4226-1		17	?
16	krist. Hochofenstückschlacke		DIN 4226-1		?	?
17	ungemahlener Hüttensand (UHÜS)		DIN 4226-1		15	?
18	Hüttenbims (HB)		DIN 4226-2		4)	4)
19	Rezyklierter Zuschlag (RZ)	0/2a-vF	Z-3.43-1003 5)		21	0
20		2/8-vF			17	0
21		8/16-vF			12	0
22		0/2a	Z-3.43-1203 5)		50	50
23		0/2	Rili DAfStb		7	7
24		2/16		35	25	

- 1) bezogen auf den Bindemittelgehalt
- 2) bezogen auf den Zuschlaggehalt
- 3) nicht in Kombination mit 7, 8, 9 und 6 mit HÜS > 70 M.-%
- 4) Produktion wurde 1994 eingestellt
- 5) Z-... = Zulassungs-Nr.
- 6) bezogen auf den Zementgehalt
- 7) Priorität: maximaler Substitutionsgrad für Zement

1 Die in der Tabelle enthaltenen Werte sind Maximalwerte für die jeweils aufgeführten Stoffe unter bestimmten Randbedingungen. Eine Addition der Anteile in einer Anwendung ist nicht ohne weiteres möglich.

2 Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 2: Maximale Substitutionsmengen primärer Rohstoffe durch Sekundärrohstoffe in Beton nach DIN 1045 und in Sonderbetonen - Fortsetzung /86/ ^{3, 4}

Lfd. Nr.	Außen- bauteil	Beton mit besonderen Eigenschaften					
		WU-Beton	hoher FTW	hoher FTSW	Hoher Widerstand gegen		
					schwachen	starken ¹⁾	sehr starken
1	2	3	4	5	6	7	8
Bindemittel/Zusatzstoffe							
1	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
2	20	20	20	20	20	20	20
3	35	35	35	35	35	35	35
4	20	20	20	20	20	20	20
5	65	65	65	65 (50)	65	65	65
6	80	80	80	80 (50)	80	80	80
7	0	0	0	0	0	0	0
8	20	20	20	0	20	20	20
9	20	20	20	0	20	20	20
10	14	14	14	0	14	14	14
11	3	3	3	s.u.	3	3	3
12	14	14	14	0	14	14	14
13	10	10	10	10 ³⁾	10	10	10
Zuschläge							
14	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾
15	?	?	?	?	?	?	?
16	?	?	?	?	?	?	?
17	?	?	?	(15)?	?	?	?
18	2)	2)	2)	2)	2)	2)	2)
19	0	21	0	0	21	21	21
20	0	17	0	0	17	17	17
21	0	12	0	0	12	12	12
22	50 (32) ⁵⁾	50	0	0	50	50	50
23	0	0	0	0	0	0	0
24	20	20	0	0	20	0	0

1) Bei Sulfatgehalten > 600 mg je dm³ Wasser bzw. 3000 mg je kg lufttrockenen Boden: nur CEM III/B oder ...SFA

2) Produktion wurde 1994 eingestellt

3) keine Anrechnung auf den w/(z+s)-Wert

7) Priorität: maximaler Substitutionsgrad für Zement

3 Die in der Tabelle enthaltenen Werte sind Maximalwerte für die jeweils aufgeführten Stoffe unter bestimmten Randbedingungen. Eine Addition der Anteile in einer Anwendung ist nicht ohne weiteres möglich.

4 Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

5 Der in der Zulassung angegebene Wert kann nur bei sandreichen Sieblinien (z. B. B/C 16, B 8) ausgenutzt werden. Im gebräuchlichen Sieblinienbereich (z. B. A/B 16, A/B 32) beträgt der Anteil ≤ 2 mm zwischen 21 und 32 Vol.%

Tabelle 2: Maximale Substitutionsmengen primärer Rohstoffe durch Sekundärrohstoffe in Beton nach DIN 1045 und in Sonderbetonen - Fortsetzung /86/ ^{6, 7}

Lfd. Nr.	Betone mit besonderen Eigenschaften		Unbewehrter Beton B5	Massenbeton	Sonstige Betone	
	Hoher Verschleißwiderstand	Beton für Unterwasserschüttung			Erdberührtes, frostfreies GB ¹⁾	HSC ⁶⁾
1	2	3	4	5	6	7
Bindemittel/Zusatzstoffe						
1	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
2	20	20	20	-	20	(20)
3	35	35	35	-	35	35
4	20	20	20	-	20	20
5	65	65	65	-	65	65
6	80	80	80	80	80	-
7	0	0	0	-	90	-
8	20	20	20	-	20	20
9	20	20	20	-	20	20
10	14	19	0 ⁴⁾	50-60 ³⁾	14	30
11	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	18	-	3 ⁷⁾	?
12	14	19	0 ⁴⁾		14	?
13	10	10	-	- ⁵⁾	- ⁵⁾	10
Zuschläge						
14	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	26	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾	3 ⁷⁾
15	?	?	?	?	?	?
16	?	?	?	?	?	?
17	?	?	?	?	(70)?	?
18	2)	2)	2)	2)	2)	2)
19	21	21	21	?	21	-
20	17	17	17	?	17	-
21	12	12	12	?	12	-
22	50	50	50	?	50	-
23	0	0	35	?	7	-
24	0	0	7	?	35	-

1) GB: Gründungsbauteil

2) Produktion wurde 1994 eingestellt

3) mit Zustimmung im Einzelfall

4) vgl. lfd. Nr. 14

5) Einsatz unüblich bzw. nicht sinnvoll

6) Hochfester Beton

7) Priorität: maximaler Substitutionsgrad für Zement

6 Die in der Tabelle enthaltenen Werte sind Maximalwerte für die jeweils aufgeführten Stoffe unter bestimmten Randbedingungen. Eine Addition der Anteile in einer Anwendung ist nicht ohne weiteres möglich.

7 Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

6.2.2 Betonwaren

Unter Betonwaren versteht man allgemein vorgefertigte Bauteile bzw. Bauprodukte, die werkseitig in hohen Stückzahlen produziert werden. Dazu zählen auch Betonwerksteine, deren Ansichtsflächen mechanisch, z. B. durch Flammstrahlen, Scharrieren oder Auswaschen bearbeitet wurden.

Unter Betonwaren werden folgende Bauprodukte verstanden:

- Gehwegplatten,
- Pflastersteine,
- Bordsteine,
- Betonwerkstein,
- Betonrohre,
- Betondachsteine,
- Mauersteine aus Leichtbeton und Normalbeton.

Der mengenmäßig größte Anteil ist den Betonpflastersteinen zuzuordnen. Zu Beginn der achtziger Jahre nahmen sie etwa ein Drittel aller für den Straßen- und Tiefbau produzierten Betonerzeugnisse ein. Ein weiterer bedeutender Anteil in der Betonwarenproduktion fällt der Produktion von Beton- und Stahlbetonrohren zu. Aufgrund des teilweise sanierungsbedürftigen Abwassernetzes in Deutschland ist mit einer weiteren Erhöhung am anteilmäßigen Betonwarenaufkommen zu rechnen /98/. Eine Übersicht der für verschiedene Betonwaren relevanten Regelwerke sowie die darin enthaltenen Anforderungen und Prüfverfahren gibt die Tabelle A1 im Anhang I. Neben den genannten Betonwaren existieren eine Reihe von nicht genormten Betonprodukten, für die Anforderungen in der Richtlinie „Nicht genormte Betonprodukte – Anforderungen und Prüfungen“ des Bundes Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e. V. (BGB) enthalten sind. Die dort aufgeführten Produkte sind Betonwaren im Sinne dieses Berichtes.

Direkte Kontakte zu Betonwarenwerken ergaben, daß bisher nur bei sehr wenigen Herstellern Versuche zur Verwendung von sekundären Rohstoffen incl. rezyklierten Zuschlägen in ihren Produkten unternommen wurden (vgl. auch Teil „Fragenkatalog - Steine- und Erdenindustrie“). Viele dieser Betriebe beschränken sich bisher darauf, Material aus der Fehlproduktion bzw. Restbeton vom Vortag

dem Betongemisch wieder zuzuführen. Im einzelnen ergaben die Befragung und die Literaturrecherche folgende Ergebnisse (aufgeführt sind die Hersteller, die nach telefonischer bzw. persönlicher Auskunft oder Literaturangaben Erfahrungen mit der Verwendung von Sekundärrohstoffen (außer SFA) haben).

Beton- und Verbundsteinwerke GmbH in Hamminkeln:

Die Beton- und Verbundsteinwerke GmbH setzen bei der Betonpflastersteinproduktion Schmelzkammergranulat der Körnung 0/8 mm ein. Schmelzkammergranulat mit einem Größtkorn von 4 mm erfüllt die Anforderungen an Betonzuschlag nach DIN 4226-1 /39/.

Betonsteinwerke Kronimus AG in Iffezheim:

Die Kronimus AG greift bei der Produktion von Rasengittersteinen auf Sekundärzuschläge zurück, die der eigenen Fehlproduktion entstammen. Daneben werden Sekundärzuschläge aus altem grauem Doppelverbundpflaster, Betonplatten und anderen Betonprodukten, die nicht mehr zeitgemäß sind und ersetzt werden sollen, verwendet. In zweijähriger Entwicklungsarbeit wurde ein Rasengitterstein entwickelt, der zu ca. 30 M.-% aus den o. g. Reststoffen besteht /8/. Auch wenn nach /59/ „die Kriterien technischer Eignung, Umweltverträglichkeit, Gebrauchsfähigkeit und preislicher Darstellbarkeit erfüllt wurden“, wurde dieses Konzept nicht weiter verfolgt, da mit diesem Stein nach /8/ „die Normen kaum zu erfüllen waren“. Dieser Widerspruch konnte nicht geklärt werden. Möglicherweise ist die Einstellung des Konzepts darauf zurückzuführen, daß der Hersteller nicht sicherstellen konnte, daß die Druckfestigkeit langfristig zielsicher einstellbar war.

Firma Klausmann in Krefeld:

Einen anderen Weg bei der Pflastersteinproduktion schlägt die Firma Klausmann in Krefeld ein. Mit dem TEREKLA[®]-Verfahren wurde ein patentrechtlich geschütztes Verfahren entwickelt, das teerhaltigen Straßenaufbruch in Betonpflastersteine einbindet. Der Straßenaufbruch wird zwischengelagert, mit Hilfe eines Spezialbrechers auf ein Größtkorn von 9 mm zerkleinert, durch Siebung in verschiedene Körnungen getrennt und anschließend als Zuschlag für den Kernbeton der Pflastersteine eingesetzt /55/.

Karl Ebert Betonsteinwerke in Remseck

In zweijähriger Forschungsarbeit entstand ein zweischichtiger Betonpflasterstein, der im Kernbeton aus bis zu 80 % aufbereitetem Bauschutt und in der Vorsatzschicht aus Edelsplitt als Zuschlag besteht. Der Pflasterstein erzielte eine Druckfestigkeit von 50 N/mm^2 . Der Betonpflasterstein ist europaweit unter dem Namen „Phönix“ patentiert /9/.

MBI-Umweltstein/MBI-Beton GmbH/Niederlande

Der MBI Umweltstein ist ein Betonstein, der ohne Kies hergestellt wird. Als Kiesersatz dienen recycelter Bauschutt und Blähton. Der Blähton dient dabei überwiegend der Gewichtseinsparung. In den Niederlanden sollen schon ab dem Jahr 2000 90 M.-% des anfallenden Bauschutts wiederverwertet werden. Der Umweltstein ist nach Firmenangaben vollständig recycelbar.

Die Firma MBI hat den Umweltstein durch die unabhängige Umweltprüfanstalt CREM (Consultancy and Research for Environment Mangement) einer Lebenszyklus-Analyse unterwerfen lassen. Eine Ökobilanz im Vergleich mit Vormauerziegeln und Kalksandsteinen, bei der der MBI-Umweltstein als sehr günstig dargestellt wird, soll den Weg für den Stein auf dem deutschen Markt bereiten /81/.

6.3 Mauerziegel, Ziegeleiprodukte und Klinker

Mauerziegel sind Ziegel, die aus Ton, Lehm oder tonigen Massen mit oder ohne Zusatzstoffe geformt und gebrannt werden. Die Zusatzstoffe dürfen die Eigenschaften der Ziegel nicht nachteilig beeinflussen /29, 99/.

Die Ausführungen zu den Ziegelprodukten in Normen und Richtlinien (z. B. DIN 105, DIN 106, DIN 4165) beschränken sich i.a. auf die technischen Produkteigenschaften. Die notwendigen Rohstoffeigenschaften sind nicht definiert. Grenzen der Einsetzbarkeit von Sekundärrohstoffen ergeben sich aus den technischen Notwendigkeiten und sind nicht festgeschrieben. Die Normkonformität der Produkte wird durch die Eigen- und Fremdüberwachung gewährleistet.

Da allgemeine Aussagen zu möglichen Sekundärrohstoffen aus den Regelwerken nicht entnommen werden können, andererseits die einsetzbare Rohstoffpalette

sehr breit ist, werden die allgemeinen Grundsätze zu den Rohstoffen und deren potentielle Ersetzbarkeit kurz erläutert.

Wie Mauerziegel und Klinker zählen die Ziegeleiprodukte zu der Gruppe der keramischen Produkte, die sich zunächst in die fein- und grobkeramischen Werkstoffe, je nach Porosität weiter in dichte und poröse Werkstoffe unterteilen lassen /70, 95/. Der wesentliche Bestandteil aller grobkeramischen Werkstoffe ist der Ton und/oder Lehm, bzw. eine Vielzahl der zu Silikatkeramik verarbeitbaren tonigen Rohstoffe.

Als Tone und/oder Lehme werden in der Regel sehr feinteilige plastische Rohstoffe bezeichnet, mit einer großen Spannweite unterschiedlicher Entstehungsarten, Korngrößenzusammensetzungen sowie mineralischer und chemischer Zusammensetzungen. Aufgrund der Vielfalt der auf der Welt vorkommenden Tone, Tonsteine und Lehme ist es nicht möglich, allgemeingültige Zusammenstellungen chemischer, physikalischer und mineralogischer Eigenschaften anzugeben, die die Eignung für den Einsatz in keramischen Produkten bestimmen. Gleiches gilt für den Einsatz industrieller Abfälle bzw. sekundärer Rohstoffe. Eine mögliche Anwendung ist daher erst nach Prüfung im Einzelfall abschätzbar.

Bei den Tönen als Hauptbestandteil der grobkeramischen Werkstoffe sind insbesondere der Kornaufbau, der Mineralbestand und die chemischen Inhaltsstoffe von Bedeutung, die in ihrer Gesamtheit die Beurteilung zur Eignung toniger Rohstoffe für den Einsatz in keramischen Produkten ermöglichen.

Zum Mageren, d.h. der gezielten Reduzierung der die Schwindung verursachenden Komponenten, zum Plastifizieren, zur Verhinderung von Ausblühungen, zur Beeinflussung der Scherbenrohichte bzw. der Porosität, zur Verminderung von Emissionen und für Engoben (Masseüberzug) und Glasuren (dünner glasartiger Überzug) werden heute in der Ziegelindustrie eine Vielzahl von Rohstoffen eingesetzt.

Als *Magerungsmittel* dienen bevorzugt kalkfreie Sande, wenn keine geeigneten Lehme oder sandigen Schiefertone zur Verfügung stehen. Gleichkörnige Sande sind als Magerungsmittel nur bedingt geeignet. Im Ausland werden auch Bimse und Bimstoffe eingesetzt, diese können jedoch zu einer erheblichen Verkürzung des Sinterintervalls und verringerter Feuerstandsfestigkeit der Waren führen.

Zum *Plastifizieren* toniger Rohstoffe setzt man u.a. organische Verbindungen, Phosphate und Soda ein. Welches Mittel die besten Erfolge bringt, muß erprobt werden. Bereits geringfügige Zusätze beispielsweise von Soda können die Plastizität und das Trocknungsverhalten entscheidend verbessern /58/. In vielen Fällen kann es sogar schon ausreichend sein, den pH-Wert der Masse oder des verwendeten Wassers zu verändern /101/.

Als *Porosierungsmittel* werden neben Polystyrolschaumkugeln auch Braunkohlenstaub und Sägemehl eingesetzt. Neben leichtem und gleichmäßigem Einarbeiten in die Masse werden eine rückstandsfreie Verbrennung ohne nachteilige Einflüsse auf die Ziegelqualität (Reduktionskern!) verlangt. Nachteilige Einflüsse auf die Emissionen des Betriebes sind selbstverständlich ebenfalls nicht erwünscht.

Gegen *Ausblühungen*, die auf lösliche Sulfate zurückzuführen sind, wird dem Ton im Produktionsprozeß frühzeitig Bariumkarbonat zugesetzt, um unlösliches Bariumsulfat zu bilden. Die Sulfate werden dadurch im Rohling fixiert und können nicht mehr an die Oberfläche des Rohlings wandern und dort zu störenden weißen Verfärbungen führen. Bariumcarbonat-Zusätze verhindern auch die Gefahr von Ausblühungen aus dem gebrannten Ziegel /3/.

Engoben zur Gestaltung von Produktoberflächen werden vielfach aus weißbrennenden Tonen, Flußmitteln und färbenden Oxiden hergestellt, und als dickflüssiger Schlicker aufgetragen. *Glasuren* sind Mischungen aus Versatzstoffen (z. B. Al_2O_3 , Quarzmehlen, Kreiden, MgCO_3), Flußmitteln, etwas Ton und färbenden Oxiden bzw. Fritten (körnig erstarrtes Schmelzprodukt eines Glas-, Glasur- oder Emailgemenges), die zu einer glasartigen Masse gesintert werden. Glasuren auf Ziegeln sollten so gewählt werden, daß sie bei der Garbrandtemperatur der Ziegel schmelzen. Versatzrezepte sind bei den Herstellern zu erfragen, einige Daten sind in /15, 61/ aufgeführt.

Als Zusatzstoffe können auch eine Reihe von Abfällen zur Verwertung eingesetzt werden. Es ist jedoch wie bei den zuvor beschriebenen Einsatzstoffen darauf zu achten, daß die Stoffe für das Produkt und den Prozeß geeignet sind, was ggf. durch Voruntersuchungen nachgewiesen werden muß.

Variationsmöglichkeiten bei den Zusatzstoffen ergeben sich bei den Tonkomponenten, den Porosierungsmitteln, den mineralischen Zusätzen und sonstiger Zusätze in Hinblick auf die Eigenschaften der Plastifizierung, der Magerung, der Porosierung, der Sinterung und der Färbung. Eine Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten von Zusatzstoffen für die Ziegelherstellung und deren Auswirkung ist in Tabelle 3 gegeben.

Als sekundäre Rohstoffe werden derzeit nur vereinzelt Steinkohlenwaschberge und Hafenschlick bei der Ziegelherstellung verwendet.

Die Steinkohlenwaschberge werden heute nur bei den Ziegelwerken Nievelsteen, Eyselshoven (NL), als Rohstoff eingesetzt. Dabei werden mit 100 % Bergematerial als Tonkomponente Vormauersteine nach DIN 105 hergestellt. Bei anderen Produkten wird bis zu 10 M.-% Ton aus anderen Lagerstätten zugegeben.

Die einzige bekannte Anwendung von Hafenschlick in Ziegelprodukten ist der „Hanseaten-Stein“ der Firma ETH Umwelttechnik, Hamburg. Bei dem Hanseaten-Stein handelt es sich um ein Drei-Stoff-System aus 50 - 80 % Hafenschlick der Korngröße $< 63 \mu\text{m}$ und einer Feuchte von ca. 50 % aus einer mechanischen Aufbereitung, ca. 10 % Ziegelsplitt aus eigener Produktion und 10 - 40 % eines natürlichen Tones, bzw. des Gemisches einer nahe gelegenen Lagerstätte und eines Westerwälder Tones. Die Firma ETH ist Antragsteller für das Umweltzeichen.

6.4 Kalksandsteine

Kalksandsteine sind Mauersteine, die aus Kalk und kieselsäurehaltigen Zuschlägen hergestellt, nach innigem Mischen verdichtet, geformt und unter Dampf gehärtet werden. Die Zuschlagarten sollen DIN 4226 Teil 1 entsprechen. Die Verwendung von Zuschlagarten nach DIN 4226 Teil 2 ist zulässig, soweit hierdurch die Eigenschaften der KS-Steine nicht ungünstig beeinflusst werden. Die Beigabe von Wirkstoffen und Farbstoffen ist zulässig /30/.

Die Herstellung von Formkörpern aus Kalk, Sand und Wasser unter Einwirkung von Wasserdampf geht auf ein Patent von W. Michaelis /82/ vom 5. Oktober 1880 zurück. In neueren Entwicklungen werden Kalksand-Leichtsteine auch durch Zumischen von Schaum hergestellt /100/.

Tabelle 3: Zusatzstoffe und Sekundärrohstoffe für die Ziegelherstellung, Einsatzmöglichkeiten/Auswirkungen /62/

Zusatzstoffe und Sekundärrohstoffe	Wirkung auf				
	Plasti.	Mager.	Poros.	Sinter.	Färb.
1	2	3	4	5	6
Tone					
Plastische Tone	++			(+)	(+)
Schiefertone		++			(+)
Porosierungsmittel					
- Sägemehl		+	++		
- Polystyrol		+	++		
- Papierfangstoff		+	++		
- Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie		+	++		
- Reststoffe aus der Textilindustrie		+	++		
- Kohleton, Kohle, Kohlenstaub		+	+		
- Steinkohlenwaschberge		+	+		
- Bleicherden	+		(+)	(+)	
- Perlite		++	++		(+)
- Flugaschen		+	+	(+)	(+)
mineralische Zusätze					
- Quarzsand		++			
- Kalksteinmehl u.ä.		++	+		++
- Natursteinmehle, -brechsande		++		(+)	(+)
- Trinkwassersedimente		(+)	(+)	(+)	(+)
- Aschen		++	+	+	+
- Glasmehl		++		+	
- Schlacken, Hüttensande		++		+	(+)
- Hafenschlick ¹⁾	(+)	++		+	(+)
- Gießereialsande		++			
sonstige Zusätze					
- Tenside	++				
- Manganoxid					++
- Metalloxide, -hydroxide		++		(+)	++

- ++ erhöht, verändert stark
 + erhöht, verändert
 (+) erhöht, verändert gegebenenfalls
 1) vom Auftragnehmer ergänzt

Abkürzungen:

- Plasti. = Plastifizierung
 Mager. = Magerung
 Poros. = Porosierung
 Sinter. = Sinterung
 Färb. = Färbung

Zur Herstellung von Kalksandsteinen werden bis zu 10 M.-% CaO mit Sand vermischt, im Reaktor etwa 2 – 4 Stunden hydratisiert und in einer Nachmischanlage auf eine Preßfeuchte von 5 – 7 M.-% eingestellt. Die anschließende Härtung im Autoklaven erfolgt bei Drücken von 8 – 20 bar, wobei die höheren Drücke zu geringeren Härtungsdauern führen. Allgemein liegt der Wert für die erforderlichen $\text{bar} \times \text{h}$ zwischen 60 und 80. Es wurde jedoch in Untersuchungen nachgewiesen, daß mit zunehmender Härtetemperatur eine überproportionale Senkung der Härtezeit erfolgen kann und daß die Härtebedingungen der Praxis nur teilweise die Ausnutzung des Kalkangebotes gestatten /79, 80/. Dies hat zu einer Absenkung des Kalkgehaltes auf 5 bis 8 M.-% geführt.

Der Kalk zur Herstellung von Kalksandprodukten soll reaktiv sein, der Sand günstigerweise einen durchgehenden Kornaufbau haben. Der Tongehalt der Sande sollte < 3 M.-% betragen. Schädlich sind insbesondere Tonknollen und tonige Beimengungen die die Sandkörner umhüllen. In gleicher Weise ist auch das Auftreten von Eisenoxiden und Hydroxiden zu beurteilen. Am schädlichsten sind Huminstoffe, die bereits in geringen Mengen zu starkem Festigkeitsabfall führen können.

Die Kalksandstein-Norm /30/ eröffnet die Möglichkeit des Einsatzes von Sekundärrohstoffen als Bindemittelkomponenten, als Wirkstoff (ca. 5 - 10 M.-%) und als Zuschlag, sofern er in der DIN 4226 Teil 1 und Teil 2 erwähnt ist oder eine gleichwertige bauaufsichtliche Zulassung besitzt.

Die Eignung von Sekundärrohstoffen zur Herstellung von Kalksandsteinen wurde mehrfach untersucht. Beispielhaft sei auf Untersuchungen hingewiesen, die den Einsatz von Aschen und Schlacken als Füller und auch als Kalkträger zeigen. Es ist darauf hinzuweisen, daß die Herstellung solcher Produkte mit normgemäßen Eigenschaften energetisch vergleichsweise deutlich günstiger erfolgen kann, die Produkte aber deutlich dunklere Farben aufweisen. Dies hat eine Herstellung solcher Produkte aufgrund der Marktsituation bisher überwiegend behindert /2, 53/. In Tabelle 4 sind Sekundärrohstoffe aufgelistet, die nach Labor- und Werksversuchen einsetzbar sind, und nach Kenntnis der Autoren heute auch teilweise eingesetzt werden /53/.

Als einziger Kalksandstein, der mit dem Einsatz von Sekundärrohstoffen beworben wird, ist der "steanit-Kalksandstein" bekannt, der aus den Kraftwerksrest-

stoffen Schmelzkammergranulat (ca. 85 M.-%) und Steinkohlenfilterasche (ca. 10 M.-%) mit Branntkalk und Wasser hergestellt wird (Antragsteller!).

Tabelle 4: Sekundärrohstoffe in der Kalksandsteinproduktion

Sekundärer Rohstoff	Einsatz als		
	Bindemittel	Zuschlag	Wirkstoff
1	2	3	4
Karbidkalk	x		
SAV-Produkt ¹⁾	x		
TAV-Aschen ²⁾	x		x
Wirbelschichtaschen	x		x
Flugaschen - Steinkohle - Braunkohle	x	(x)	x x
Papierasche		(x)	x
Klärschlammverbrennungasche		(x)	x
Gesteinsmehle		x	(x)
Hüttensand	x	x	
Schmelzkammergranulat		x	
Grobasche (Kesselsand)		x	

+ Einsatz möglich, (+)Einsatz eingeschränkt möglich

1) =Reaktionsprodukt aus der Rauchgasentschwefelung mittels Sprühabsorption

2) =Asche aus Kesseln mit Trocken-Additiv-Entschwefelung

6.5 Porenbeton

Dampfgehärteter Porenbeton ist ein feinporiger Beton, der aus Zement und/oder Kalk und feingemahlenen oder feinkörnigen, kieselsäurehaltigen Stoffen unter Verwendung von gasbildenden Zusätzen, Wasser und gegebenenfalls Zusatzmitteln hergestellt und in gespanntem Dampf gehärtet wird /36/.

Auch die Herstellung von Porenbeton geht auf ein altes Patent zur “Herstellung von Porenbeton mit Aluminiumpulver als Treibmittel” aus den Jahren 1923 bzw. 1925 zurück /52/. Für die Herstellung von Porenbeton werden Kalk und Zement als Bindemittel in Mengen von 18 – 25 M.-% verwendet. Dabei schwankt das Verhältnis von Kalk und Zement zwischen 1 : 0,5 und 1 : 2. Der verwendete Sand wird auf eine spezifische Oberfläche > 2000 cm²/g je nach Verfahrensweise

naß oder trocken vermahlen. Der Bindemittel-Sand-Wasser-Mischung werden etwa 300 bis 400 g Aluminiumpulver/m³ Porenbeton zugesetzt. Das Aluminiumpulver reagiert mit Calciumhydroxid und Wasser unter Bildung von Calciumaluminathydraten und Wasserstoff. Die entwickelte Wasserstoffmenge beträgt etwa 1,25 m³/kg Aluminiumpulver. Durch die Zugabe des Aluminiumpulvers wird ein Blähen des Rohlings und durch die Reaktion des Branntkalkes eine Temperaturerhöhung auf etwa 80 – 90 °C bei gleichzeitigem Wasserentzug bewirkt. Nach etwa 2 bis 4 Stunden ist die Verfestigung des Rohblockes so weit fortgeschritten, daß er zu einer Schneidemaschine transportiert und mit Drähten in die gewünschten Formate zerteilt werden kann /64/.

Für den Einsatz von Sekundärrohstoffen gibt es, wie bereits bei den zuvor behandelten Produktgruppen beschrieben, keine Festlegungen in Normen und Richtlinien. Derzeit ist nur der Ersatz des Aluminiumpulvers durch Rückstände aus der Industrie mit gleichen Eigenschaften bekannt. Der Ersatz der Sandkomponente ist mit der Gefahr der farblichen Veränderung verbunden und wird nicht praktiziert.

Prinzipiell sind eine Reihe der in Tabelle 4 genannten Sekundärrohstoffe als Bindemittelkomponente oder Kieselsäureträger einsetzbar. Der Einsatz unterbleibt aber aus wirtschaftlichen Gründen und aus mangelnder Akzeptanz. Steinkohlenflugasche wurde in Deutschland in den fünfziger und sechziger Jahren eingesetzt, und wird heute noch in europäischen Nachbarländern in nennenswertem Umfang verwendet /91, 102/.

6.6 Mörtel, Putze und Leichtbeton

6.6.1 Mauermörtel

Mauermörtel werden in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und der Lagerfugendicke in folgende drei Arten unterteilt: Normalmörtel (NM), Leichtmörtel (LM) und Dünnbettmörtel (DM). Sie bestehen aus einem Gemisch von Sand, Bindemittel und Wasser sowie gegebenenfalls Zusatzstoffen und Zusatzmitteln, bei einem Größtkorn des Sandes von 4 mm bzw. 1 mm (DM).

Mauermörtel sind in der DIN 1053 Teil 1 /32/ mit dichten Zuschlägen (DIN 4226 Teil 1) und/oder Leichtzuschlägen (DIN 4226 Teil 2) genormt. Im allgemeinen

unterscheiden sich die bekannten Leichtmörtel mit Ausnahme des Leichtzuschlags und der Zusatzmittel nicht von den herkömmlichen Mörteln.

Derzeit existieren keine Normen, Merkblätter o.ä., die den Einsatz von Recyclingmaterialien und Sekundärrohstoffen in Mörteln regeln. Im Rahmen der Produktnormen (DIN 1053 für Mauermörtel /32/, DIN 18550 für Putzmörtel /42, 44, 45/, DIN 18560 für Estrichmörtel /46/) ist der Einsatz dieser Materialien unter Berücksichtigung der vorgegebenen bauphysikalischen Anforderungen jedoch möglich.

Zur Herstellung von Mauer-, Putz- und Estrichmörteln können in den Mitgliedsunternehmen der Mörtelindustrie nach Aussage des Bundesverbandes der Deutschen Mörtelindustrie e. V. /20/ theoretisch die folgenden Recyclingmaterialien und Sekundärrohstoffe eingesetzt werden.

- | | |
|---------------|--|
| Bindemittel: | - Flugasche und Hüttensand als Bestandteil eingesetzter Zemente
- REA-Gips bzw. Calciumsulfatbindemittel |
| Zusatzstoffe: | - Silica-Staub
- Hüttensandmehl
- Flugasche |
| Zuschläge: | - Blähglas
- Hüttensand
- Schmelzkammergranulat
- Recycling-Zuschlag
- Recycling-Styropor
- Hochofenschlacken
- Gesinterte Flugasche |

Sekundärrohstoffe, die der DIN 4226 T1 (Normalzuschlag) entsprechen, sind beispielsweise kristalline Hochofenstückschlacke, ungemahlener Hüttensand nach DIN 4301 und Schmelzkammergranulat mit 4 mm Größtkorn. In DIN 4226 Teil 2 sind Blähton, Blähschiefer, Ziegelsplitt, und gesinterte Steinkohlenflugasche als künstlich hergestellte porige Zuschläge genormt. Darüber hinaus ist die Verwendung von Blähglas zur Herstellung von Leichtmörtel nach DIN 1053 /32/

möglich /28/. Neben den genannten Zuschlägen wird Kesselsand aus steinkohle-gefeuerten Kraftwerken verwendet /63/. Nähere Angaben zu den Sekundärrohstoffen enthält der Dokumentationsband unter II Sekundäre Rohstoffe.

6.6.2 Putzmörtel

Putzmörtel sind nach DIN 18 550 Teil 1 /42/ genormt. Sie bestehen aus einem Gemisch von einem oder mehreren Bindemitteln, Zuschlag mit einem überwiegenden Kornanteil zwischen 0,25 und 4 mm sowie Wasser und gegebenenfalls Zusätzen. Der Zuschlag kann bei Mörteln aus Baugipsen und Anhydritbindern entfallen. Weitere Angaben zur Zusammensetzung enthält der Dokumentationsband (II.4 Sekundärrohstoffe im Bereich der Mörtel und Putze).

Für Putze aus Mörteln mit mineralischen Bindemitteln und mineralischem Zuschlag gilt DIN 18 550 Teil 2 /43/. In dieser Norm ist neben der Ausführung auch die Zusammensetzung geregelt. DIN 18 550 Teil 3 /44/ gilt für Wärmedämmputzsysteme aus Mörteln mit mineralischen Bindemitteln und expandiertem Polystyrol (EPS) als Zuschlag. DIN 18 550 Teil 4 /45/ enthält die Anforderungen für Leichtputze.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen ist bei der Putzherstellung durchaus möglich, wobei entweder das Grundmaterial selbst oder der Zuschlag aus diesen Stoffen bestehen kann. Beispiele sind REA-Gipsputz, Wärmedämmputz mit Altglasgranulat (Blähglasgranulat) sowie Wärmedämmputz mit Alt-EPS /78/. Neben den Wärmedämmputzen mit den Polystyrol-Hartschaum-Kügelchen als Dämmstoff werden auch Dämmputze mit Blähglas angeboten. Die damit erreichbaren Wärmedämmwerte sind nach /94/ jedoch niedriger. Nähere Angaben zu den Sekundärrohstoffen enthält der Dokumentationsband (II Sekundäre Rohstoffe).

Von der Firma Eberhard Wornien wird ein Kalk-Zement-Leichtgrundputz hergestellt, der zum überwiegenden Anteil aus recyceltem Alt-Polystyrol besteht. Ein erneutes Recyceln der Putze ist nach Aussage des Herstellers möglich, die Polystyrolkügelchen können auf mechanischem Wege vom Bindemittel getrennt und erneut der Produktion zugeführt werden. Die Firma Eberhard Wornien ist Antragsteller für das Umweltzeichen.

6.6.3 Leichtbetonsteine

Die Herstellung von Leichtbetonsteinen erfolgt nach DIN 18 151 „Hohlblöcke aus Leichtbeton“ /40/ und DIN 18 152 „Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton“ /41/ unter Verwendung von Zement nach DIN 1164 Teil 1, oder von hydraulischen Bindemitteln, deren Brauchbarkeit durch eine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist, sowie mineralischen Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 2. Die Zumischung von Zuschlägen mit dichtem Gefüge nach DIN 4226 Teil 1 ist zulässig, wenn der Volumenanteil maximal 15 % des verdichteten Betons beträgt. Als Zusatzstoffe dürfen nur Baukalk nach DIN 1060 Teil 1, Gesteinsmehl nach DIN 4226 Teil 1, Traß nach DIN 51 043 und Steinkohlenflugasche mit gültigem Prüfzeichen als Betonzusatzstoff nach DIN 1045 verwendet werden. Seit Januar 1995 gilt für die Steinkohlenflugasche die DIN EN 450.

Die folgenden Sekundärrohstoffe sind Zuschläge zur Herstellung von Leichtbeton nach DIN 4226 Teil 1 bzw. Teil 2: kristalline Hochofenstückschlacke, ungemahlener Hüttensand, Schmelzkammergranulat, gesinterte Steinkohlenflugasche sowie Hüttenbims und Blähton. Als bauaufsichtlich zugelassene Leichtzuschläge werden Bläherlit, Blähglimmer und Kesselsand verwendet. Untersucht wurde die Herstellung von Leichtbeton unter Verwendung von Leichtzuschlägen aus Braunkohlenflugasche sowie unter Einsatz von Silicastaub. Es wurden auch Fluß- und Seesedimente zur Herstellung von Leichtzuschlägen verwertet /97/. Nähere Angaben zu den Sekundärrohstoffen enthält der Dokumentationsband (II.2 Sekundärrohstoffe Beton).

In dem Betonfertigteilwerk der SIMO-Werke (Antragsteller!) mit Produktionssitz in Bochum werden verschiedene Leichtbetonbauteile mit Ziegelsplitt hergestellt. Der Ziegelsplitt besteht zu 70 % aus Dacheindeckungen, zu 20 % aus Mauerwerk und zu 10 % aus Produktionsausschuß bzw. der Rücknahme von alten Kaminanlagen (Außenschale: Ziegelmauerwerk). Neben dem Ziegelsplitt können in eingeschränktem Umfang (abhängig von der Rohdichte der herzustellenden Bauteile) Betondachpfannen sowie Bimsmauerwerk eingesetzt werden. Die Zuschläge werden über eine eigene Brech- und Siebanlage hergestellt und ersetzen gegenwärtig zu 98 % den Rohstoffeinkauf an Lava, Bims und Leca (Blähton). Die erzielten Materialqualitäten sind mit denen der üblicherweise eingesetzten Rohstoffe vergleichbar.

Gegenwärtig befinden sich Leichtbetonsteine mit Rostschlacke aus der Altpapieraufbereitung in der Zulassungsphase, weitere Angaben können daher noch nicht angegeben werden.

6.7 Patente

6.7.1 Allgemeines

Im Rahmen der Patentrecherchen wurden Einträge ermittelt, die sich auf die Baustoffproduktion mit Recyclingmaterial beziehen. Die Aktualität bzw. Nutzung der Einträge wurde nicht überprüft. Bei den folgenden Ausführungen ist deshalb zu berücksichtigen, daß die Patente bzw. Offenlegungsschriften zwar die technische Realisierbarkeit darstellen, die wirtschaftliche Nutzung damit jedoch nicht zwangsläufig gewährleistet ist.

6.7.2 Mit Wasserzusatz aushärtende dämmende Baustoffmasse

DE A1 Offenlegungsschrift PN 19633874,
Kschwian, Joerg, 03226 Vetschau, DE

Die Patentanmeldung betrifft eine mit Wasserzusatz aushärtende, dämmende Baustoffmasse auf Basis von Homo- oder Mischpolymerisaten ungesättigter aliphatischer Kohlenwasserstoffe zur Herstellung nichttragender Trennwände, Fußbodenisoliermassen oder anderer Formkörper. Die Produkte bestehen aus recycelten und auf Granulatgröße zerkleinerten Styroporkörpern, Bindemittel und mineralischen Zuschlagstoffen.

6.7.3 Leichtzuschlagstoffe auf der Grundlage von thermisch-chemisch umgewandeltem Asbestzement und Verfahren zu ihrer Herstellung

DE A1 Offenlegungsschrift PN 4445071,
WITEGA Angewandte Werkstoff-Forschung gemeinnützige GmbH, Adlershof,
12489 Berlin

Die Patentanmeldung betrifft die Herstellung von Leichtzuschlagstoffen für die Baustoffindustrie aus Recyclingmaterialien durch die thermisch-chemische Inertisierung von Asbest in zementgebundenen Baustoffen. Ebenso werden Asbest enthaltende Massen, insbesondere Bauelemente und Faserbaustoffe aus Asbestzement und /oder zementgebundenes asbesthaltiges Material aus der Asbestentsorgungswirtschaft angeführt. Diese Massen werden, erforderlichenfalls stofflich modifiziert, einem Schäumungsprozeß unterzogen.

6.7.4 Vorgeformtes Bauteil, insbesondere Baustein

DE A1 Offenlegungsschrift PN 4325486,
Hartsteinwerke Vogtland GmbH, 08606 Oelsnitz

Die Patentanmeldung umfaßt ein Verfahren zur Herstellung eines vorgeformten Bauteiles, insbesondere eines Bausteines, hergestellt aus einem Gemisch von Sand, calciumhaltigen Komponenten, Zuschlagstoffen und Wasser durch Pressformgebung und anschließende Autoklaven-Behandlung entsprechend der Kalksandsteintechnologie. Das Ausgangsmaterial besteht dabei vollständig oder teilweise aus zerkleinertem Recyclingmaterial wie Bauschutt und/oder Abfällen aus der Baustoffherstellung und -verarbeitung, weiterhin aus Industrieabfällen enthaltenden, betonartigen Komponenten sowie gegebenenfalls Ziegel, Ziegelmauerwerk, Tonkeramik und Naturstein.

6.7.5 Verfahren zur Herstellung eines leichten Zuschlags für die Verwendung in der Bauindustrie

DE A1 Offenlegungsschrift, PN 3934349,
Steag Entsorgungs GmbH, 4220 Dinslaken

Die Patentanmeldung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von leichtem Zuschlag für die Verwendung in der Bauindustrie, bei dem Flugasche mit einem Bindemittel gemischt und unter Zusatz von Wasser in Körner oder Kugeln geformt wird, und danach die Körner oder Kugeln gehärtet werden. Die Formung erfolgt allein durch die Mischung. Die bei der Mischung erhaltenen Körner oder Kugeln werden in einer flachen Schicht gehärtet und getrocknet.

6.7.6 Formkörper aus keramischer Masse

DE A1 Offenlegungsschrift, PN 4037853,
Hess. Schmelztiegel- und Schamottesteinfabrik Conrad Liphard & Söhne, 3432
Grossalmerode

Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus keramischer Masse mit einem Rohstoff und einem Bindemittel. Der Rohstoff hat Flugasche- und Blähtonanteile, wobei der Blähton in der gebundenen Flugasche eingebettet ist. Mindestens eine Oberfläche des Formkörpers ist glasiert.

6.7.7 Poröses mineralisches Leichtzuschlagstoffgranulat sowie Verfahren zu seiner Herstellung

DE C2 Patentschrift, PN 3908172,
Gumbmann Andreas, 8522 Herzogenaurach

Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines porösen, geblähten und/oder gesinterten und/oder ausgebranntem Leichtzuschlagstoffgranulates, hergestellt aus einem feuchtem Gemisch aus Klärschlamm, Flugasche und Tonsubstanz. Der Prozeß beinhaltet die Formgebung durch Granulieren des Gemisches zu Pellets, das Trocknen der Pellets, das keramische Brennen mit Blähen der Pellets und Abkühlen des gebrannten Granulats. Dabei werden aufgrund des Herstellungsverfahrens geblähte Granulatkörper gebildet, die oberflächlich eine geschlossene Sinterhaut aufweisen. Das Korn des Granulats hat einen Kern aus einem gebrannten Gemisch aus Klärschlamm, Flugasche und Tonsubstanz. Auf dem Kern ist eine geschlossene wasserdichte Glasurhülle als Reaktionsprodukt aus gebranntem Ton, Kalksteinmehl und dem Gemisch aus Klärschlamm, Flugasche und Ton angeordnet.

6.7.8 Verfahren zum Herstellen von Ziegelformkörpern,

Patentschrift DE 19601131 C1,
Sicowa Verfahrenstechnik für Baustoffe GmbH & Co.KG, 52072 Aachen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Ziegelformkörpern durch Herstellen eines körnig getemperten tonhaltigen Materials. Dabei wird eine Preßmasse aus 5 bis 10 M.-% Ton, Magerungsmittel und Wasser hergestellt, wobei eine Fraktion einer Braunkohlenflugasche mit einer maximalen Teilchengröße bis etwa 500 µm verwendet wird. Die erdfeuchte Preßmasse wird bei Drucken in der Größenordnung von 15 bis 30 N/mm² zu individuellen, eigenstabilen Rohlingen, insbesondere auf einer Kalksandsteinpresse, verpreßt. Die Rohlinge werden getrocknet und gebrannt.

Bei dem Verfahren werden eine gelöschte Fraktion einer Braunkohlenflugasche, die beim Brennen vor ihrem Schmelzen quillt, in einer Menge von 30 bis 60 M.-% zusammen mit gemahlenem, ziegelreichem Bauschutt einer maximalen Teilchenkorngöße von etwa 1 mm verwendet. Der Bauschutt sollte einen Gehalt an getemperten Tonmineralen von wenigstens etwa 20 % haben. Er wird in einer Menge von 30 bis 65 M.-% der Preßmasse zugegeben. Das Brennen erfolgt bei einer Temperatur von etwa 1080 bis 1160°C unterhalb der Schmelztemperatur der Fraktion der Braunkohlenflugasche. Der Anteil der Fraktion der Braunkohlenflugasche auf den Ziegelanteil des gemahlenen Bauschutts wird derart abgestimmt, daß das Quellen des ersten das Schwinden des zweiten praktisch kompensiert.

6.7.9 Verfahren zum Gewinnen von in Müllverbrennungsanlagen anfallenden Schlacken und daraus hergestellte Betongegenstände

Europäisches Patent (EP 0 681 997 B1),

Gewestelijk Agentschap voor Netheid, B-1150 Brussel (BE)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verarbeitung von Schlacken aus einer Müllverbrennungsanlage, wobei die Schlacken zusammen mit Zement und Wasser zu Beton gemischt und daraus Betonelemente hergestellt werden. Die Besonderheit besteht darin, daß es sich um dünnwandige, hohle Betonelemente handelt.

Die Schlacken werden einer Vorbehandlung durch 3 monatige Reifung unterzogen. Die Aufbereitung erfolgt durch das Entfernen großer Gegenstände, Entschrottung sowie durch Brechen und Sieben zur Herstellung einer brauchbaren

Korngröße. Dabei werden “feine Körner” ausgesiebt oder ausgewaschen. Es erfolgt eine Schlackevormischung mit zunächst einem Gewichtsteil Wasser auf fünf Gewichtsteile feuchter Schlacke. Für den Beton werden auf 1 Gewichtsanteil Zement 8 bis 10 Gewichtsanteile feuchter Schlacke und feuchter Sand zugegeben. Leichte normgerechte Betonblöcke hoher Festigkeit werden durch Vermengung von ca. 3 Gewichtsanteilen feuchter Schlacke auf zwei Gewichtsanteile feuchten Sandes hergestellt.

7 BEWERTUNGSKRITERIEN

7.1 Voraussetzungen und Anforderungen (Grobraster)

Als wesentliche Vorgabe des UBA zur Erarbeitung eines Kriterienkataloges galt, daß

- ein Ersatz von Primärrohstoffen gegeben und
- der Ausgangsstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, Abfall zur Verwertung oder sekundärer Rohstoff im Sinne des KrW-/AbfG sein muß.

Diese Vorgabe deckt sich mit einem Beschluß der 96. Ministerkonferenz der ARGEBAU:

Die Ministerkonferenz setzt sich dafür ein, Recyklate und industrielle Reststoffe verstärkt auch in Bauprodukten für bauliche Anlagen nach Baurecht einzusetzen. (...) Sie beauftragt die Gremien der ARGEBAU, sich unter Beachtung der bauaufsichtlichen Anforderungen weiterhin nachdrücklich für die Berücksichtigung von Recyklaten und industriellen Reststoffen in der Normung und bei der Zulassung von Bauprodukten einzusetzen /87/.

Auf dieser Grundlage wurden zunächst die folgenden Voraussetzungen und Anforderungen formuliert, die Recyclingbauprodukte zur Erlangung eines Umweltzeichens erfüllen müßten:

- a) Es muß ein Ersatz von Primärrohstoffen (Ressourcenschonung, Energieeinsparung) gegeben sein.
- b) Die Verwertung im Recyclingbauprodukt soll für den eingesetzten Abfall eine hochwertige Verwertung im Sinne des KrW-/AbfG /72/ darstellen

(Hierbei ist auch der zur Herstellung benötigte Energieaufwand zu berücksichtigen s. u.).

- c) Der Ausgangsstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, muß Abfall zur Verwertung oder sekundärer Rohstoff im Sinne des KrW-/AbfG sein.
- d) Der sekundäre Rohstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, muß wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes sein und/oder eine wesentliche Funktion erfüllen (*Das „Verdünnen“ im Sinne der Flächendeponie ist ausgeschlossen*).
- e) Die Verwendung des vorgesehenen Abfalls zur Verwertung muß nach geltendem Recht genehmigungsfähig sein.

Beispiele:

- Bei der Bewertung der Umweltverträglichkeit sind die Grundsätze der Projektgruppe „Boden- und Grundwassergefährdung durch Baustoffe - Analyse, Bewertung“ beim Deutschen Institut für Bautechnik zu berücksichtigen (z. B. obere Verwertungsgrenze ohne Behandlung muß beachtet werden - derzeit Z2 nach LAGA /75/, Einleitung von Schadstoffen in Boden und Grundwasser etc.).
 - Die Grundsätze des BImSchG und des Gefahrstoffrechts sind zu beachten.
 - Der Recyclingbaustoff muß während der Verarbeitung und Nutzung die Belange des Arbeitsschutzes und der Gesundheitsverträglichkeit erfüllen.
- f) Anfallende bzw. verwertete oder verwertbare Gesamtmengen sowie die Kosten für die Aufbereitung sind keine Bewertungskriterien. Eine untere „Unwesentlichkeitsschwelle“ bzgl. der Mengen sollte allerdings berücksichtigt werden.
 - g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium.
 - h) Bzgl. der im Bauproduktengesetz /69/ definierten wesentlichen Anforderungen
 - Gebrauchstauglichkeit,
 - mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
 - Brandschutz,
 - Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,

- Nutzungssicherheit,
- Schallschutz,
- Energieeinsparung und Wärmeschutz

muß das Recyclingprodukt die gleichen Anforderungen erfüllen wie vergleichbare Bauprodukte aus Primärrohstoffen. Geänderte Eigenschaften dürfen den Verwendungszweck nicht beeinträchtigen (keine Bauprodukte zweiter Klasse!).

- i) Mehrfachrecycling oder Einspeisung in andere Kreisläufe muß ohne unzulässige Schadstoffanreicherungen möglich sein. Für eine Bewertung der Bauprodukte ist ihre gesamte Lebensdauer, d. h. Herstellung, Nutzung, Abbruch/Rückbau sowie Verwertung/Entsorgung zu betrachten.

Zur weiteren Konkretisierung dieses „Grobrasters“ wurde eine umfangreiche Recherche bestehender Regelwerke und ökologischer Bewertungsmaßstäbe durchgeführt. Darüber hinaus wurden in diesem Zusammenhang auch die Verbände der Steine- und Erdenindustrie zur Frage der Bewertung von Recyclingbauprodukten befragt.

7.2 Bestehende Regelwerke und Bewertungsmaßstäbe

7.2.1 Allgemeines

Im Rahmen der Recherche zu bestehenden Regelwerken und Bewertungsmaßstäben werden sowohl die geltenden Gesetze zur Anwendung von Baustoffen, als auch die Informationen des Bundes, einzelner Länder und der Industrieverbände mit dem Ziel der möglichst vollständigen Information

- zu derzeit geltenden und geplanten Gesetzen, Regelungen und Empfehlungen zum Einsatz von Recycling-Baustoffen für den Hochbau,
- zu evtl. vorhandenen Selbstverpflichtungen bzw. Eigeninitiativen der Baustoffindustrie,
- zu evtl. vorhandenen weiteren Bewertungskatalogen von Baustoffen für den Hochbau

aufgeführt und zusammenfassend dargestellt.

7.2.2 Rechtsgrundlagen

7.2.2.1 Baurecht

Wesentliche Grundlagen zur Bewertung von Bauprodukten bilden das

- Bauproduktengesetz /69/ und die
- Landesbauordnungen.

Bauprodukte dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn die wesentlichen Anforderungen

- der Gebrauchstauglichkeit,
- der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit,
- des Brandschutzes,
- der Hygiene, Gesundheit und des Umweltschutzes,
- der Nutzungssicherheit,
- des Schallschutzes sowie der
- Energieeinsparung und des Wärmeschutzes

erfüllt sind (§5 Abs. 1 BauPG).

Durch die Verwendung eines Bauproduktes dürfen gemäß der dem § 3(1) der Musterbauordnung /11/ entsprechenden Bestimmungen der Landesbauordnungen insbesondere Leben, Gesundheit und natürliche Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden.

7.2.2.2 Immissionsschutzrecht

„Genehmigungsbedürftige Anlagen sind so zu errichten und zu betreiben, daß ... Abfälle vermieden werden, es sei denn, sie werden ordnungsgemäß und schadlos verwertet, oder .../18/“

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang § 9 KrW-/AbfG /72/. Danach richten sich die aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) resultierenden Pflichten der Betreiber von genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, diese so zu errichten, daß Abfälle vermieden, verwertet oder beseitigt werden. Stoffbezogene Anforderungen an die Art und Weise der Verwertung und Beseitigung von Abfällen nach dem KrW-/AbfG bleiben hiervon jedoch unberührt.

Für den Einsatz von Abfällen aus genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen als Bauprodukt bzw. in Bauprodukten bedeutet das, daß auch für diese Abfälle die im folgenden Abschnitt beschriebenen Anforderungen gelten /27/.

7.2.2.3 Abfallrecht

Die Verwertung von Abfällen, insbesondere durch ihre Einbindung in Erzeugnisse, hat ordnungsgemäß und schadlos zu erfolgen (§5 Abs. 3 KrW-/AbfG /72/). Sie erfolgt ordnungsgemäß, wenn sie im Einklang mit den Vorschriften des KrW-/AbfG und anderen öffentlich rechtlichen Vorschriften steht. Sie erfolgt schadlos, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sind, insbesondere keine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf erfolgt.

§5 Abs. 3 KrW-/AbfG legt somit die Pflicht zur schadlosen Abfallverwertung fest, die nicht nur für den Abfallerzeuger sondern für denjenigen maßgebend ist, der den Abfall verwertet. Diese Pflichten können durch Verordnungen nach §7 KrW-/AbfG konkretisiert werden.

„Solange diese Verordnungen nicht vorliegen, werden die Anforderungen an die Schadlosigkeit bei der Verwertung von mineralischen Abfällen durch das Regelwerk der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln“ /75/, konkretisiert in /27/, geregelt.“

Für den Einsatz von mineralischen Abfällen als Bauprodukt bzw. in Bauprodukten bedeutet das, daß die Verwertung nur dann als schadlos anzusehen ist und keine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf stattfindet, wenn der unverdünnte Abfall die in dem o. g. LAGA-Regelwerk festgelegten Zuordnungswerte einhält. Eine Untersuchung des Produktes z. B. nach Zugabe von Primärrohstoffen, ist aufgrund des Abfallrechts nicht erforderlich. Für mineralische Abfälle, die in Bauprodukten eingesetzt werden, kann bis zu einer endgültigen Festlegung durch die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall zunächst davon ausgegangen werden, daß diese Anforderungen erfüllt werden, wenn die Zuordnungswerte Z2 des o. g. LAGA-Regelwerkes eingehalten werden. Überschreitungen bei organischen

Parametern können akzeptiert werden, wenn nachgewiesen wird, daß diese bei der Herstellung des Bauproduktes zerstört werden und dieses im Rahmen der Anlagengenehmigung zugelassen ist /27/.

7.2.2.4 Wasserrecht

Der Grundsatz des § 1a Abs. 2 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) verpflichtet jedermann, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, „die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten“.

Sofern bei einer Baumaßnahme Stoffe in das Grundwasser eingeleitet werden sollen, z. B. bei Injektionen im Rahmen einer Wasserhaltung, bedarf dies immer einer Erlaubnis nach § 2 Abs. 1 WHG in Verbindung mit § 1 Nr. 5. Diese darf nach § 34 Abs. 1 WHG nur erteilt werden, wenn eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften auszuschließen ist.

Der Tatbestand einer Einleitung ist in der Regel nicht erfüllt, wenn bei der Verwendung von Bauprodukten Schadstoffe z. B. durch Auslaugung in das Grundwasser gelangen, weil eine Einleitung aktives und gezieltes Handeln voraussetzt. Ist der Einsatz von Bauprodukten oder eine Baumaßnahme aber „geeignet, dauernd oder in einem nicht unerheblichen Ausmaß schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Wassers herbeizuführen“, so handelt es sich nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG um eine Benutzung, die nach § 2 Abs. 1 WHG einer wasserrechtlichen Erlaubnis bedarf. Kann allerdings eine schädliche Gewässerverunreinigung durch eine allgemeine Maßnahmenbeschreibung (z. B. Technische Regeln der LAGA /75/, DIBt-Merkblatt (Entwurf: Bearbeiter DIBT, Projektgruppe des GA3) /27/ (vgl. Abschnitt 6.2.4.1)) nach fachlichem Ermessen ausgeschlossen werden, so gilt konsequenterweise auch der Benutzungstatbestand als nicht erfüllt. Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist dann nicht erforderlich, wenn ein Bundesland diese allgemeine Maßnahmenbeschreibung im Rahmen einer wasserrechtlichen Zustimmung ein-

geführt hat. Wenn eine Einzelfallbetrachtung durchgeführt werden muß, ist ein Erlaubnisverfahren durchzuführen.

7.2.2.5 Bodenschutzrecht

Die Belange des Bodenschutzes werden durch das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) geregelt, welches am 01.03.1999 in Kraft getreten ist /17/. Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte soweit wie möglich vermieden werden.

Nach § 2 (2) BBodSchG erfüllt der Boden im Sinne des Gesetzes

1. natürliche Funktionen als
 - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
 - b) Bestandteil des Naturhaushaltes, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,
2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie
3. Nutzungsfunktionen als
 - a) Rohstofflagerstätte,
 - b) Fläche für Siedlung und Erholung,
 - c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
 - d) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Ein wichtiger Grundsatz des BBodSchG ist die Vorsorgepflicht. Nach § 7 BBodSchG sind „der Grundstückseigentümer, der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück und derjenige, der Verrichtungen auf einem Grundstück durchführt oder durchführen läßt, die zu Veränderungen der Bodenbeschaffenheit führen können, verpflichtet, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen, die durch ihre Nutzung auf dem Grundstück oder in dessen Wirkungsbereich hervorgerufen werden können. Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen einer Nutzung auf die Bodenfunktionen die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist.“

7.2.3 Angewendete Konzepte zur Beurteilung von mineralischen Baustoffen

7.2.3.1 Allgemeines

Für genormte mineralische Baustoffe konnte nachgewiesen werden, daß für den Wasserpfad nur anorganische Stoffe als relevante Emittenten in Frage kommen /67/.

Anders ist die Situation bei der Betrachtung derzeit nicht genormter mineralischer Baustoffe, wie sie sich bei der stofflichen Verwertung von mineralischen Abfällen bzw. sekundären Rohstoffen ergeben kann. Für diese Stoffgruppe gelten derzeit, bezogen auf den Wasserpfad, zwei hinsichtlich ihres Anwendungsspektrums unterscheidbare Richtlinien

- LAGA - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfälle Technische Regeln II.1.4 Bauschutt /75/.
- Länderausschuß Bergbau - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfälle als Versatz unter Tage; Technische Regeln für den Einbau von bergbaufremden Abfällen als Versatz /76/.

Beide technischen Regeln beschreiben auf Basis bestehender Prüfverfahren die stofflichen Anwendungsgrenzen für definierte Stoffe bzw. Stoffgruppen. Beide Technischen Regeln berücksichtigen ausschließlich den Wasserpfad und lassen

derzeit ausschließlich ein Elutionsverfahren zur Beurteilung der sogenannten löslichen Anteile zu. Dabei handelt es sich um das klassische Elutionsverfahren DIN 38 414 S 4. Diese Verfahrensregeln sind dann unstrittig, wenn die mineralischen Abfälle zur Verwertung bzw. sekundäre Rohstoffe hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe und eluierbaren Bestandteile im Bereich der Hintergrundwerte liegen. Werden die Hintergrundwerte allerdings überschritten, so gibt es keine Regelungen, wie die Emissionen z. B. anhand von Belastungspfaden beurteilt werden können und daher führt dieses Verfahren zu einer signifikanten Einschränkung der Verwertung von Abfällen bzw. sekundärer Rohstoffe.

Ein erster Schritt zu einer realitätsnahen Erweiterung des Anwendungsbereiches dieser Verfahrensregeln wurde für den Versatzbereich seitens verschiedener Genehmigungsbehörden (Wasserwirtschaftsämter, Bergämter) beim Versatz zementverfestigter Abfälle toleriert. Dabei wurde sowohl die Anwendung der DIN 38 414 S 4 auf Festkörper als auch ein modifizierter Standtest nach FSGV /5/ als Beurteilungskriterium für den über den Wasserpfad mobilisierbaren Anteil akzeptiert. Hintergrund dazu war der Nachweis der diffusionsgesteuerten Elution für Schwermetalle aus monolithischen porösen Festkörpern.

Die Beurteilung der möglichen Belastung der Schutzgüter Wasser und Boden durch mineralische Baustoffe wird zur Zeit vornehmlich anhand der Definition von Geringfügigkeitsschwellen sowohl für die Inhaltsstoffe als auch für die Emissionen vorgenommen. Dabei werden die Emissionen als Immissionen angesetzt. Die Beurteilung anhand von konkreten Belastungspfaden und Wirkungspotentialen erfolgt nur vereinzelt.

7.2.3.2 Bereich Abfall und stabilisierter Abfall/Reststoffe

Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)

Um bei der stofflichen Verwertung mineralischer Reststoffe und Abfälle eine unterschiedliche Beurteilung und Behandlung von Verwertungsvorhaben in den einzelnen Bundesländern auszuschließen, wurde im Rahmen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) eine Bund-/Länder-Arbeitsgruppe „Vereinheitlichung der Untersuchung und Bewertung von Reststoffen“ eingerichtet. Diese Arbeitsgruppe hat „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen

Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“ erstellt, die neben Böden und Schlacken/Aschen aus thermischen Abfallbehandlungsanlagen, Kraftwerksanlagen und Heizwerken auch Anforderungen an die stoffliche Verwertung von Bauschutt behandeln. In den Technischen Regeln werden ein Untersuchungskonzept (Probenahme, Probenbehandlung, Analyseverfahren) sowie Zuordnungswerte (Grenzwerte) zur Einteilung in Einbauklassen angegeben (siehe unten). Diese Zuordnungswerte stellen Vorsorgewerte dar, die verhindern sollen, „daß Reststoffe/Abfälle bei ihrer Verwertung zu einer diffusen Umweltbelastung beitragen“. Zu diesen Auswirkungen, die nicht immer als „Schaden“ quantifizierbar sein müssen, zählen auch die permanente Erhöhung der Hintergrundwerte in den Medien Wasser und Boden sowie die Wirkungen auf natürliche Bodenfunktionen (Puffer, Filter, Lebensraum). Aus Vorsorgegründen werden daher an die Verwertung mineralischer Reststoffe/Abfälle Anforderungen gestellt, die auf eine Aufbringungsbeschränkung umweltrelevanter Stoffe abzielen. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, „daß diese Stoffe nicht auf dem Wege der Verdünnung oder der unspezifischen Einbindung gezielt oder als Nebeneffekt einer Verwertung in den Naturhaushalt eingeschleust werden“ /13, 75/. Die Technischen Regeln der LAGA sind bislang als Empfehlung zu verstehen. Der aktuelle Stand der Einführung der Technischen Regeln in den einzelnen Bundesländern kann Tabelle A2, Anhang I, entnommen werden /77/.

Zur Vereinheitlichung werden in den Technischen Regeln für den Einbau der jeweiligen mineralischen Abfälle Zuordnungswerte festgelegt, die unter Berücksichtigung des jeweiligen Gefährdungspotentials eine umweltverträgliche Verwertung ermöglichen. Dabei handelt es sich bei den in den Technischen Regeln festgelegten Zuordnungswerten um Vorsorgewerte, die vor allem aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes festgelegt wurden. Beim Einbau mineralischer Abfälle werden mehrere Einbauklassen unterschieden, deren Einteilung auf Herkunft, Beschaffenheit und Anwendung nach Standortvoraussetzungen basiert (vgl. Bild 1) /12/.

- Z0: Uneingeschränkter Einbau

Ein uneingeschränkter Einbau ist zulässig, wenn die Schadstoffgehalte in den Abfällen mit denen im natürlich vorkommenden Boden/Gestein vergleichbar sind. Bei Unterschreiten dieser Werte (Zuordnungswerte Z 0, siehe Tabellen

A3 und A4, Anhang I) ist davon auszugehen, daß relevante Schutzgüter nicht beeinträchtigt werden.

- Z1: Eingeschränkter offener Einbau

Die Zuordnungswerte Z1 (vgl. Tabellen A3 und A4, Anhang I) stellen die Obergrenze für den offenen Einbau unter bestimmten Nutzungsbeschränkungen dar. Maßgebend für die Festlegung dieser Grenzwerte war u. a. das Schutzgut Grundwasser. Bei Einhaltung der Z 1.1-Werte ist auch bei hydrogeologisch ungünstigen Bedingungen davon auszugehen, daß keine nachteiligen Veränderungen des Grundwassers auftreten. In hydrogeologisch günstigen Gebieten können Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteter Bauschutt bis zu den Zuordnungswerten Z 1.2 verwendet werden.

- Z2: Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Die Zuordnungswerte Z2 (vgl. Tabellen A3 und A4, Anhang I) bilden die Obergrenze für den Einbau von Recyclingbaustoffen und nicht aufbereitetem Bauschutt mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen. Auch hier war das Schutzgut Grundwasser maßgebend für die Festlegung der Grenzwerte. Bei Unterschreiten der Grenzwerte Z 2 können die o. g. Materialien z. B. im Straßen- und Wegebau für Tragschichten unter wasserundurchlässigen Deckschichten (Beton, Asphalt, Pflaster) sowie gebundenen Tragschichten unter wenig durchlässigen Deckschichten (Pflaster, Platten), nicht aber in Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten eingesetzt werden.

Bei Überschreiten der Zuordnungswerte Z 2 kann nur der Einbau bzw. die Ablagerung der Materialien in Deponien erfolgen (vgl. Bild 1). Als Auslaugverfahren zur Überprüfung der zulässigen Konzentrationen im Eluat wird das modifizierte DEV-S4-Verfahren verwendet. Dabei werden die Materialien in der Ausgangskorngröße eluiert und nicht in aufbereitetem Zustand. Physikalische und chemische Bindungsverhältnisse in Abhängigkeit von der entsprechenden Verwendungs- bzw. Einbauweise bleiben somit unberücksichtigt.

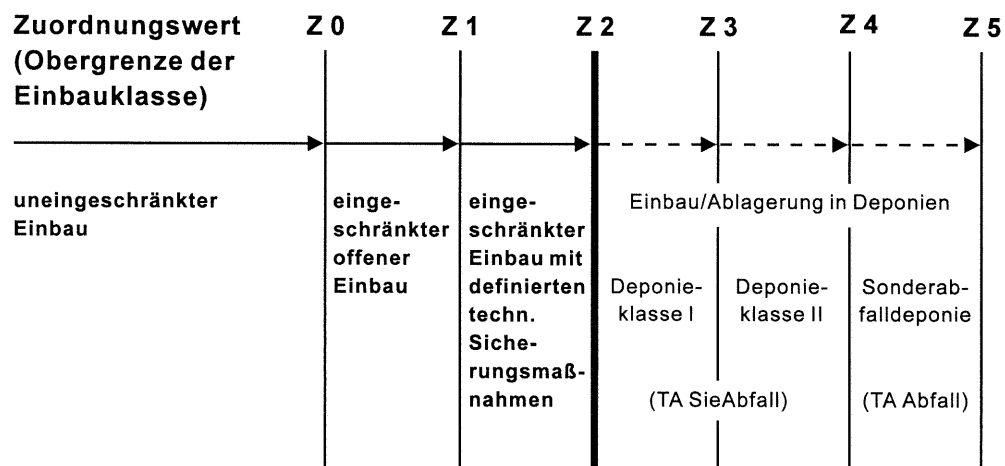


Bild 1: Einbauklassen und zugehörige Zuordnungswerte gemäß LAGA /75/

- Stabilisierter Abfall

In den Technischen Regeln wird nicht unterschieden zwischen Abfall und stabilisiertem (z. B. zementverfestigten Abfall). Es wird lediglich zwischen "behandeltem" und "nicht behandeltem" Abfall differenziert. Dabei ist "behandelter" Abfall in einer Anlage behandelter Abfall (z. B. gewaschener und auch "verglasteter" Abfall). Zementverfestigung ist nach den Technischen Regeln bisher keine Behandlung.

Technische Regeln incl. Zuordnungswerten sowie Anforderungen an die Probenahme und die Analytik der LAGA existieren bislang für

- Mineralische Reststoffe und Abfälle aus dem Baubereich, Altlasten und Schadensfällen unterteilt nach:
 - Boden (Technische Regeln für die Verwertung 1.2),
 - Straßenaufbruch (Technische Regeln für die Verwertung 1.3) und
 - Bauschutt (Technische Regeln für die Verwertung 1.4); (hier: Tabellen A3 und A4, Anhang I)

sowie

- Schlacken und Aschen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle (HMV) (Technische Regeln für die Verwertung 2.2)
- Gießereisande (Technische Regeln für die Verwertung 3.2) und

- Schlacken aus Eisen-, Stahl- und Tempergießanlagen unterteilt nach
 - Kupolofenschlacke (Technische Regeln für die Verwertung 3.3.1.1),
 - Elektroofenschlacke (Technische Regeln für die Verwertung 3.3.1.2) undin /75/.

Darüber hinaus liegen die technischen Regeln für die Verwertung von

- Aschen und Schlacken aus steinkohlebefeuelten Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken unterteilt nach
 - Rost- und Kesselasche / Schlacken und Aschen aus Dampferzeugern bei Steinkohlekraftwerken sowie
 - Flugasche aus der Kohlefeuerung / Filterstäube

in /75/ vor (Tabellen A5 und A6, Anhang I). Diese technischen Regeln gelten für die Verwendung und Verwertung der genannten Stoffe im Erd-, Straßen-, Landschafts- und Deponiebau.

7.2.3.3 Bewertungskonzept nach DIBt-Merkblatt (Entwurf)

Das in den vorangegangenen Abschnitten zitierte Merkblatt des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) /27, 90, ausführliche Darstellung im Dokumentationsband unter IV.1.8.4 (Bewertungskonzept nach DIBt-Merkblatt)/ stellt den aktuellen Diskussionsstand zur Bewertung der Boden- und Grundwassergefährdung durch Bauprodukte dar. Das dort vorgeschlagene Bewertungskonzept kann damit zugleich als Zusammenfassung der zuvor dargestellten Bewertungskonzepte/-strategien aus verschiedenen Bereichen des Umweltschutzes angesehen werden und sollte daher, soweit möglich, auch Bewertungsgrundlage für Recyclingbauprodukte in der Kategorie „Boden- und Grundwasserschutz“ sein.

Das Merkblatt des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) /27, 90/ befindet sich jedoch zur Zeit noch im Entwurfsstadium. Insbesondere für die Ermittlung praxisrelevanter Freisetzungsraten fehlt derzeit noch ein umfassender Katalog mit Vergleichswerten von Primärbaustoffen, mit dem hier die Freisetzungsraten von Recyclingbauprodukten anwendungsbezogen verglichen werden könnten.

7.2.3.4 Zusammenfassung

Bislang existiert kein einheitliches Konzept der Beurteilung der Umweltverträglichkeit von mineralischen Stoffen. Vor allem wirkungs- und nutzungsbezogene Beurteilungsstrategien werden im Bereich des Boden- und Wasserschutzes kaum angewendet.

In vielen Bereichen findet nach wie vor das DEV-S4-Verfahren zur Bestimmung der Auslaugung noch eine breite Anwendung. Es werden jedoch auch gezielt Prüfmethoden gesucht und angewendet, mit denen praxisorientierte Freisetzungsraten bestimmt werden können (vgl. /67/). Die zur Untersuchung der gewonnenen Eluate anzuwendenden Analyseverfahren können ohne weiteres in jedem Bereich angewendet werden. Hier sind lediglich die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen zu beachten.

Das im Entwurf vorliegende Bewertungskonzept des DIBt /27/ kann derzeit lediglich als grober Anhalt für eine Bewertung der Bauprodukte im Bereich des Boden- und Wasserschutzes verwendet werden. Speziell bei der Ermittlung praxisrelevanter Freisetzungsraten fehlt derzeit noch ein umfassender Katalog mit Vergleichswerten von Primärbaustoffen, mit dem hier die Freisetzungsraten von Recyclingbauprodukten anwendungsbezogen verglichen werden könnten.

Im Sinne der hier behandelten Fragestellung wird empfohlen, eine Bewertung des im Recyclingbauprodukt eingesetzten Abfalls zur Verwertung anhand der Zuordnungswerte Z2 der LAGA /75/ vorzunehmen, soweit die Werte (Feststoff-, Eluat-) für den zu bewertenden Stoff vorliegen. Diese Zuordnungswerte existieren z. Zt. für mineralische Reststoffe und Abfälle aus dem Baubereich sowie für Schlacken und Aschen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle (HMV), Gießereisande und Schlacken aus Eisen-, Stahl- und Tempergießanlagen.

Darüber hinaus liegen die technischen Regeln für die Verwertung von Aschen und Schlacken aus steinkohlebefeuelten Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken in /75/ vor.

7.2.4 Bestehende Bewertungsmaßstäbe in Richtlinien und Empfehlungen

7.2.4.1 Allgemeines

Den Informationen von Bundesbehörden waren die Verweise auf die Aktivitäten der ARGEBAU - Baukommission der Bundesländer zur Bearbeitung gemeinsamer Standards für Baumaßnahmen der öffentlichen Hand, gemeinsam. Dabei wurden vor allem die "Planungshilfen der ARGEBAU" /4/ angesprochen, bei denen auch ökologische Planungsgrundsätze und Bewertungen von Baustoffen vorgenommen werden.

Weiterhin wurde auf den in Bearbeitung befindlichen Ökoleitfaden des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau /88/ verwiesen. Die Erstellung steht in Zusammenhang mit den Bundesbaumaßnahmen in Berlin und erfolgt für die Baukommission des Bundestages.

In den von Bundesbehörden überlassenen Publikationen und Informationen wurden Verweise auf Aktivitäten der Länder gefunden, die im folgenden mit aufgeführt werden.

7.2.4.2 Ökoleitfaden des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Entwurf vom 27.03.1998)

Der Leitfaden /88/ gilt für die Planung, das Bauen und die Bauunterhaltung auf und von Liegenschaften und Gebäuden des Bundes im Zuständigkeitsbereich des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (BMBau) sowie für deren Betrieb und Nutzung.

Ziel des Leitfadens ist es, ganzheitliche Grundsätze zum ökologischen, wirtschaftlichen und gesunden Planen und Bauen, Betreiben und Unterhalten sowie Nutzen von Liegenschaften und Gebäuden, im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) sowie des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) aufzuzeigen.

Auszugsweise soll die Problematik der "Gesundheitsverträglichen Baustoffe/ Problemstoffe in RC-Produkten" (2.4 der Anlage 3 des Leitfadens) beleuchtet

werden. Dabei gilt im allgemeinen, daß Gefahrstoffe bei zu verwertenden Bauabfällen zunächst verfahrenstechnisch eliminiert werden müssen, zur Bewertung von Bauprodukten in Gebäuden hinsichtlich zu erwartender Auswirkungen auf Hygiene, Gesundheit und Umwelt jedoch nicht die Zusammensetzung der Altbaustoffe sondern die des Endproduktes maßgebend ist. Dies steht in Übereinstimmung mit der Einschätzung der Auftragnehmer.

Die Erarbeitung nachvollziehbarer Bewertungsverfahren für eine glaubwürdige Produktbewertung ist nicht abgeschlossen. Nicht nur das Deutsche Institut für Bautechnik, sondern auch die Gremien der Länder, wie der Ausschuß zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), die Projektgruppe "Schadstoffe" der ARGEBAU, seien daran mit Nachdruck tätig. Der Ausschuß konkretisiert derzeit ein Anforderungsprofil für organische Schadstoffe im Bauwesen. Eine Erweiterung der Tätigkeiten auf die anorganischen, mineralischen Baustoffe ist zur Zeit nicht geplant.

7.2.4.3 Arbeitshilfen Recycling des Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau und des Bundesministerium der Verteidigung

Die Arbeitshilfen /19/ gelten für Neu-, Um- und Rückbaumaßnahmen auf Liegenschaften des Bundes sowie für die Verwendung, Verwertung und Beseitigung gebrauchter Baustoffe bei Bundesbaumaßnahmen gemäß RBBau (Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes) durch die Finanzbauverwaltung der Länder und das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Sie sind so abgefaßt, daß sie auch über diesen Geltungsbereich hinaus Anwendung finden können.

Ziel der Arbeitshilfe ist es, die bei Planung und Ausführung notwendigen Maßnahmen für einen umweltverträglichen Umgang mit Bauabfällen zu beschreiben und die Grundsätze für Stoffströme im Hinblick auf Vermeidung, Verwertung und Beseitigung festzulegen. Soweit Bauprodukte ohne Behandlung weiter genutzt werden können, gilt der Grundsatz der Wiederverwendung.

Es wird auf die allgemeinen rechtlichen Grundlagen beginnend beim EG-Recht bis zum kommunalen Satzungsrecht verwiesen, teilweise werden kurze Auszüge

erläutert. Für Neubau-, Umbau- und Rückbaumaßnahmen werden Planungshilfen für die Durchführung unter Berücksichtigung der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung vorgestellt. Weiterhin werden Verwendungs- und Verwertungsmöglichkeiten von Bauabfällen unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen bei der Entsorgung von Abfällen (KrW-/AbfG) erläutert und beispielhaft Einsatzbereiche von Recyclingbaustoffen im Straßen- und Wegebau sowie im Hochbau aufgeführt. Im Hochbau wird danach der größte Einsatzbereich von RC-Materialien für die Anwendung mineralischer Nebenprodukte als RC-Beton erwartet.

7.2.4.4 Planungshilfe "Umweltschutz im Bauwesen" der ARGEBAU

Die Planungshilfe /4/ ist in Form einer Loseblattsammlung aufgebaut und soll ergänzt und aktualisiert werden. Sie dient der Information der Planer und Bauleiter in der konkreten Festlegung der Konstruktion, der Materialwahl, der Abwägung von Vor- und Nachteilen und weiterer Faktoren, u.a. auch der Schadstoffbewertung. Der Begriff des umweltbewußten "ökologischen Planens und Bauens" wird dabei sehr weit gefaßt. Er schließt nicht nur die Vermeidung aller gesundheitsgefährdenden Stoffe und Prozesse im Verhältnis von Umwelt zu Gebäude und umgekehrt ein, sondern ebenso die Nutzung natürlicher und regenerierbarer Energiequellen beim Betrieb der Gebäude sowie die Vermeidung unnötigen Energiebedarfs und -verbrauchs.

Bei der Gebäudeplanung sind die ökologischen Grundsätze einzuhalten, wobei ein Schwerpunkt auf der Baustoffauswahl liegt. Die Produkteigenschaften der Baustoffe werden dabei in physikalische und ökologische Kriterien unterteilt dargestellt. Die Baustofflisten sind vom Institut für angewandte Umweltforschung (Katalyse), Köln, im Auftrag des Ministeriums für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen erstellt worden und weisen erheblichen Diskussionsbedarf auf /84/. Die Bewertung ist zu pauschal und für den Anwender wenig hilfreich. Bei weiteren Recherchen wurde von der ARGEBAU darauf hingewiesen, daß sich die überarbeitete und aktualisierte Fassung der Untersuchung beim Ministerium in Düsseldorf zur Freigabe befindet (Muster der Liste mit Sachstand 06/97, Tabelle A7, s. Anhang I).

7.2.4.5 Einsatz von Recyclingbaustoffen, Merkblatt des Landes Mecklenburg-Vorpommern

Das Merkblatt /83/ soll als Orientierung dienen, die Forderungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern bezüglich der Pflichten der öffentlichen Hand umzusetzen. Die öffentlichen Auftraggeber sind demnach verpflichtet, den Einsatz von Recyclingbaustoffen zu fördern. Als Recyclingbaustoffe im weiteren Sinne sind danach unbelasteter Bauschutt, Straßenaufbruch, Bodenaushub und Baggergut, behandelter Bodenaushub und Komposte sowie die daraus hergestellten Produkte benannt. Einsatzgebiete ergeben sich im Straßenbau, im allgemeinen Tiefbau/Tagebau, im allgemeinen Hochbau und in der Baustoffindustrie (Zuschlag für Beton-, Mauer- und Formsteine).

Die Kennzeichnung besonders umweltfreundlicher Produkte erfolge durch Umweltzeichen der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Gemeinschaft. Weitere Informationen zu umweltfreundlichen Produkten enthalte das Handbuch "Umweltfreundliche Beschaffung", Handbuch zur Berücksichtigung des Umweltschutzes in der öffentlichen Verwaltung und im Einkauf, herausgegeben vom Umweltbundesamt (UBA).

7.2.5 Selbstverpflichtungen der Industrie

7.2.5.1 AUB - Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V.

Die Arbeitsgemeinschaft ist ein freiwilliger Zusammenschluß von Bauproduktenherstellern, -vertriebsfirmen und deren Vereinigungen. Zielsetzung und Aufgabe des Vereins ist die Förderung umweltverträglicher und gesundheitlich unbedenklicher Bauprodukte. Die Vergabe des Zeichens der AUB zeigt an, daß ein Bauprodukt die von der AUB entwickelten Beschreibungskriterien bezüglich Umweltverträglichkeit und gesundheitlicher Unbedenklichkeit erfüllt.

Die Beschreibungskriterien für die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Bauprodukten werden von Arbeitskreisen aus Fachleuten der Mitgliedsfirmen ständig optimiert und entsprechen gemäß den Autoren "den neusten Erkenntnissen aus Medizin und Forschung auf dem Gebiet der Ökologie, Biologie und Toxikologie" /6/. Auf eine Bewertung der Produkte wird bewußt verzichtet.

Den bisherigen Informationen zufolge sind überwiegend Baustoffe aus natürlichen Rohstoffen aufgeführt.

7.2.5.2 KWTB - Kreislaufwirtschaftsträger Bau

Beim KWTB /73/ handelt es sich um eine freiwillige Selbstverpflichtung der am Bau beteiligten Wirtschaftszweige und Verbände zur umweltgerechten Verwertung von Bauabfällen. Das Ziel des KWTB ist die Förderung einer intelligenten Umsetzung der Kreislaufwirtschaft. Durch ausgearbeitete Konzepte sollen allen am Bau beteiligten Hilfestellungen beim umweltverträglichen Umgang mit Bau-restmassen gegeben werden.

Der KWTB erarbeitet Leitlinien zur Planung und Ausführung notwendiger Maßnahmen für einen umweltverträglichen Umgang mit Bauabfällen und legt Grundsätze für die Kreislaufführung einzelner Materialgruppen und Fraktionen im Hinblick auf ihre Verwertung, Behandlung, Lagerung oder Ablagerung fest.

Der KWTB setzt sich sowohl für den Bestand von Güte- und Überwachungs-gemeinschaften als auch für die Bildung von Entsorgungsgemeinschaften ein.

Weitere Selbstverpflichtungen der Industrie zum Bereich der mineralischen Baustoffe für den Hochbau sind derzeit nicht bekannt.

7.2.6 Vorhandene Bewertungskataloge

7.2.6.1 BUG-Datenbank: Baustoffe/Umwelt/Gesundheit

Informationssystem der Bayerischen Architektenkammer /16/, CD-ROM Version.

Die Informationen zu den einzelnen Baustoffen sind teilweise bis zu den grundlegendsten stofflichen Details aufgeführt. Der Nutzen für eine ökologische Bewertung bleibt unklar.

7.2.6.2 DATA-BAUM der Transferstelle für ökologisches Planen und Bauen, Oekotransfer, Dresden

Die Datenbank /23/ wurde bisher nur als Demo-Version begutachtet. Es werden die Produktgruppen Massivbaustoffe, Leichtbaustoffe, Dämmstoffe und Schüttungen, Putze/Mörtel/Estriche, Wand- und Bodenbeläge, Dachdeckungen, Abdichtungsbahnen, Oberflächenbehandlungsmittel, Kleber, Recyclingbaustoffe und Wegebefestigungen behandelt.

Die Demo-Version beinhaltet Informationen zu Dämmstoffen und Schüttungen. Die Informationen reichen jedoch aus, um die Datenbank für intensivere Recherchen im Bereich Recyclingbaustoffe zu empfehlen, da dort u.a. mineralische Stoffe (Beton, sonstige hydraulische gebundene Materialien, Naturwerkstein, Kiese/Sande, sonstiges mineralisches Material und Keramik/Steinzeug) behandelt werden. Die Produktinformationen werden auf 10 Unterseiten vorgestellt:

- Bewertungsraster: ökologische Bewertung der Produkte
- ABC-Analyse: Ergebnis der ökologischen Bewertung
- Anwendung: Anwendungsbereich und Verwendungszweck
- Hersteller: Informationen zum Produkthersteller
- Lieferform: Lieferformen und Preise

Die Kriterien für eine Bewertung wurden bisher nicht mitgeteilt, daher ist eine Prüfung auf Anwendbarkeit oder Nutzung von Produktdaten im vorliegenden Fall derzeit nicht möglich.

7.2.6.3 Baustoffdatenbank Transbau des Zentrums für ökologisches und biologisches Bauen in NRW, Ökozentrum, Hamm

Im Rahmen eines europäischen Forschungsprojektes wird derzeit im Ökozentrum NRW, Hamm, eine Datenbank zu Baustoffen und Konstruktionen mitsamt Herstellerverzeichnis erstellt /89/. Integriert ist die Baustoffdatenbank der GIB - Genossenschaft Information Baubiologie (Schweiz - Bosco-Bühler), die jedoch erst in Kürze installiert wird. Weiterhin sind ökologische Bewertungskriterien aufgeführt. Eine Prüfung der Daten war aufgrund der noch nicht installierten Datenbank und ausbleibender Informationen bisher nicht möglich.

7.2.6.4 INNOBAU

In Kürze wird die INNOBAU /89/ veranstaltet. Die Aussteller werden dabei verpflichtet zumindest ein Produkt mit einem Deklarationsraster u.a. zu ökologischen Fragen zu versehen. Da die Hersteller jedoch die Daten selber zur Verfügung stellen müssen, ist eine Verwendung bzw. ein Vergleich mit anderen Bewertungslisten schwer vorstellbar.

7.2.6.5 Baustoffdatenbank

Klassifizierung von Methoden und Vereinheitlichung von Datenbanken für Baustoffe, Baustoffdatenbank /7/ unter Mitwirkung der Universität Karlsruhe (Prof. Kohler) und der Bauhausuniversität Weimar (Dr. Lützkendorf).

Die Datenbank beinhaltet Daten für eine ökologische Bewertung von Gebäuden und Bauelementen. Es wurden dazu eine Vielzahl von Grundlagendaten zur Herstellung von Baustoffen, zur Energiebereitstellung sowie zu Transport- und Entsorgungsprozessen zusammengestellt. Es handelt sich dabei um ein Verbundprojekt der ETH Zürich (Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten, Baumaterialbilanzierung für die Schweiz), der HAB Weimar (Materialdatensammlung von Baustoffen für Deutschland, Projekt KOBEEK = Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien /106/) und der Universitäten Bern und Karlsruhe (Ergänzung der Daten mit zusätzlichen physikalisch-technischen Daten und Normen).

In dem Projekt wurden Daten zum Herstellungsprozeß und den Emissionen erfaßt, sowie die mengenmäßig wichtigsten und bezüglich der Emissionen relevanten Baumaterialien bilanziert. Die Erneuerung, der Betrieb und die Entsorgung wurden qualitativ erfaßt. Die Hauptmerkmale der Entsorgung beschränken sich auf die Wiederverwertbarkeit und die Deponierbarkeit.

7.2.6.6 Gisbau

Das Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft (GISBAU) /56/ ist eine Datenbank, die allen Betroffenen der Bauwirtschaft Informationen zum Umgang mit Gefahrstoffen bietet. Mit Hilfe von GISBAU sind die Betriebe in der Lage

- Produkte der Bauchemie zu beurteilen
- mögliche Gefahren beim Umgang mit diesen Produkten zu erkennen
- Maßnahmen zur Vermeidung oder Minderung dieser Gefährdungen

zu treffen.

7.3 Kontakte zu Industrieverbänden

An die Verbände der Steine- und Erdenindustrie wurde der im folgenden aufgeführte Fragenkatalog versandt.

1. Welche Recyclingmaterialien bzw. Sekundärrohstoffe (RC-Stoffe) werden in den Mitgliedsunternehmen eingesetzt?
2. In welchen Produkten oder Produktgruppen werden RC-Stoffe eingesetzt ?
3. Welches Stadium haben diese Produkte mit RC-Stoffen erreicht:
 - befinden sie sich noch in der Entwicklung ?
 - befinden sie sich kurz vor der Markteinführung ?
 - befinden sie sich bereits in der laufenden Vermarktung ?
4. Mit welchen Argumenten werden bereits am Markt befindliche Produkte (ohne und mit RC-Stoffen) beworben ?
5. Welche F+E-Aktivitäten bestehen zum Einsatz von RC-Stoffen in Produkten der Mitgliedsfirmen:
 - verbandsorientiert
 - in den Einzelunternehmen
6. Welche Kriterienlisten, Anforderungskataloge, Merkblätter, etc. bestehen zum Einsatz von RC-Stoffen in den einschlägigen Produkten der Branche ?

7. Welche Position bezieht der Verband zum Einsatz von RC-Stoffen in Produkten der Mitgliedsunternehmen ?

Die aus den Industrieverbänden erhaltenen Antworten/Reaktionen werden im Dokumentationsband (III Informationen der Industrieverbände) zusammenfassend dargestellt.

Wie die Kontakte zu den Verbänden der Steine-Erden-Industrie in Zusammenhang mit der Erarbeitung dieser Studie zeigten, werden in einigen Bereichen die o. g. Grundvoraussetzungen zur Erteilung eines Umweltzeichens z. T. (sehr) kritisch beurteilt. Dies ist naturgemäß dort der Fall, wo bei der Produktion von Baustoffen grundsätzlich keine Sekundärrohstoffe in stofflicher Verwertung eingesetzt werden können, oder aus Image- bzw. unter Marketing-Gesichtspunkten eingesetzt werden sollen (...bzw. ein Einsatz von Abfällen/sekundären Rohstoffen, wenn er stattfindet, unter den genannten Gesichtspunkten (Image/Marketing) eher verschwiegen wird).

Vor diesem Hintergrund erscheint es notwendig, daß ein Kriterienkatalog für ein Umweltzeichen neben der Umweltverträglichkeit auch einer, in allen Bereichen zunehmend geforderten Beurteilung von Produkten unter dem Gesichtspunkt einer ganzheitlich-ökologischen Betrachtung (Stichwort „**Ökobilanz (LCA = life cycle assessment)**“) standhält.

Aus diesem Grund erschien es notwendig, zunächst eine Bestandsaufnahme der im Kontext der ganzheitlichen Bilanzierung in der Fachdiskussion reflektierten Umweltwirkungen vorzunehmen und zu untersuchen, welche Bedeutung sie im Bereich der Steine-Erden-Industrie haben. Eine ausführliche Darstellung und Diskussion von Wirkkategorien und Umweltwirkungen enthält der Dokumentationsband (IV.1 Wirkkategorien/Umweltwirkungen).

7.4 Umweltwirkungen und ganzheitliche Bilanzierung

7.4.1 Allgemeines

Die Auswahl, welche Wirkkategorien bzw. Umweltwirkungen betrachtet werden, orientiert sich vor dem Hintergrund des seit Beginn des Industriezeitalters global anwachsenden Material- und Energiebedarfs an den Schutzziele der Nachhaltig-

keit und Ressourcenschonung sowie dem globalen Schutz der menschlichen Gesundheit und der Stabilität der Ökosysteme. Einen Überblick über mögliche Wirkkategorien geben die Tabellen 5 bis 7. Erläuterungen zu den dort aufgeführten Umweltwirkungen enthält der Dokumentationsband (IV Wirkkategorien/Umweltwirkungen). Eine Auswahl der in der Wirkungsbilanz zu berücksichtigenden Kategorien enthält z. B. /71/. Die Autoren wollen diese Liste als „Anregung aus der Sicht der Praxis der Ökobilanzierung“ verstanden wissen. Die Auflistung unterscheidet zwischen Wirkkategorien, die a) in jeder Ökobilanz berücksichtigt werden sollten und b) je nach Zieldefinition zu berücksichtigen sind. In die Kategorie a) fallen nach /71/ die Inanspruchnahme von Ressourcen, der Treibhauseffekt, Human- und Ökotoxizität (Umweltverträglichkeit), die Versauerung der Gewässer und Böden, der Flächenbedarf sowie anfallende Abfälle. In der Kategorie b) werden der Ozonabbau in der Stratosphäre, die Eutrophierung der Gewässer, die Bildung von Photooxidantien, Belästigungen durch Lärm und Geruch, der Arbeitsschutz (Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz), Abwärme sowie die Beeinträchtigung der Naturschönheit und der Artenvielfalt („Naturschutz“) aufgeführt. Dabei sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Wertigkeit der Umweltwirkungen in der Fachöffentlichkeit nicht in jedem Fall unumstritten ist. Die Erfassung der Umweltwirkungen von Produkten und Produktionsprozessen sowie ihre Bewertung wurden in zahlreichen Veröffentlichungen behandelt /z. B. 7, 22, 26, 60, 65, 71, 93, 104, 110/.

7.4.2 Ökobilanzen und Ökopprofile

Eine Möglichkeit, die Umweltrelevanz eines Produktes oder Produktsystems anhand der im vorigen Abschnitt aufgeführten Umweltwirkungen zu beurteilen stellt die sogenannte „Ökobilanz“ dar.

Ökobilanz: „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ /51/.

Wesentliches Ziel solcher Ökobilanzen ist neben der Zusammenstellung von Umweltwirkungen auch deren zusammenfassende Beurteilung. Gerade diese Beurteilung bereitet aber i. d. R. Schwierigkeiten, da letztlich mehr oder weniger

Tabelle 5: Wirkkategorien zur Abschätzung der Umwelteinwirkungen /7, 22, 26, 67, 71, 105/

Lfd. Nr.	Wirkkategorie	Kurzbeschreibung	Beispiele	Quellen	ÖR ⁶⁾
1	2	3	4	5	6
1	Ressourcenverbrauch ¹⁾	Nachhaltigkeit beim Verbrauch von Rohstoffen	Erdölfeuerung, Erzgewinnung, mineralische Zuschläge	/7, 22, 71 ²⁾ , 105 ⁵⁾ /	+++ ⁷⁾
2	Treibhauspotential	Emissionen in Luft, die den Wärmehaushalt der Atmosphäre beeinflussen	CO ₂ , CH ₄ ...	/7, 22, 71 ²⁾ , 105 ⁵⁾ /	+++
3	Ozonabbaupotential	Emissionen in Luft, welche die stratosphärische Ozonschicht abbauen	FCKW, CKW, N ₂ O	/22, 71 ³⁾ , 105 ⁵⁾ /	n. g.
4	Versauerungspotential	Emissionen in Luft, die eine Regenwasserversauerung verursachen	SO ₂ , NO _x , NH ₃ , HCL, HF ...	/7, 22, 71 ²⁾ , 105 ⁵⁾ /	+
5	Eutrophierungspotential	Überdüngung von Gewässern und Böden	P- und N-Verbindungen	/7, 22, 71 ⁴⁾ , 105 ⁵⁾ /	+
6	Oxidantienbildungspotential	Emissionen in Luft, die als Ozonbildner in Bodennähe fungieren	Kohlenwasserstoffe, Stickoxide	/7, 22, 71 ³⁾ , 105 ⁵⁾ /	++

1) Energieverbrauch zur Bereitstellung und Energieinhalt der Stoffe, stoffliche Knappheit

2) nach /71/ in jeder Ökobilanz zu berücksichtigen

3) nach /71/ je nach Zieldefinition zu berücksichtigen

4) in /71/ nur Bezug auf Gewässer

5) in Standardliste aufgenommen

6) Ökologische Relevanz/Bedeutung nach /104/

+++ : sehr groß χ : gering bis mittel

++ : groß - : gering

+ : mittel n. g.: nicht genannt, da in /104/ als dort nicht relevant eingestuft (vgl. auch /22/)

7) Verbrauch fossiler Energieträger

Tabelle 6: Wirkkategorien zur Abschätzung der Umwelteinwirkungen /7, 22, 26, 67, 71, 105/ (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Wirkkategorie	Kurzbeschreibung	Beispiele	Quellen	ÖR ⁸⁾
1	2	3	4	5	6
7	Humantoxizität	Freisetzung potentiell gesundheitsgefährdender Stoffe und die potentielle Schädigung von Ökosystemen → Emissionen in Boden, Wasser und Luft	• Emission flüchtiger Bestandteile (vor allem organischen Ursprungs) • Emission von Radioaktivität (Erhöhung der natürlichen Strahleexposition) • Emission von Stäuben	/7 ⁵⁾ , 22, 71 ²⁾ , 105 ⁶⁾ /	⁹⁾
8	Ökotoxizität	<u>(Umweltverträglichkeit)</u>	• Auswaschung bzw. Auslaugung im wesentlichen anorganischer Stoffe (Kontakt mit einer Auslaugflüssigkeit z. B. in Form von Regen od. Grundwasser)	/7, 22, 71 ²⁾ , 105 ⁶⁾ /	⁹⁾
9	Naturinanspruchnahme (Flächenbedarf)	Dauer und Art der Veränderung von Naturraum durch den Menschen	Abbauflächen, Werksflächen, Deponieraum	/22, 71 ²⁾ , 105 ⁶⁾ /	χ ¹⁰⁾

1) Energieverbrauch zur Bereitstellung und Energieinhalt der Stoffe

2) nach /105/ in jeder Ökobilanz zu berücksichtigen

3) nach /105/ je nach Zieldefinition zu berücksichtigen

4) in /105/ nur Bezug auf Gewässer

5) nur Emission von Radioaktivität

6) in Standardliste aufgenommen

7) Wirkungskategorie mit weiterem Diskussionsbedarf

8) Ökologische Relevanz/Bedeutung nach /104/

+++ : sehr groß χ : gering bis mittel

++ : groß - : gering

+ : mittel

n. g.: nicht genannt, da in /104/ als dort nicht relevant eingestuft (vgl. auch /22/)

9) unterschiedlich, je nach betrachtetem Parameter

10) Deponieraum

Tabelle 7: Wirkkategorien zur Abschätzung der Umwelteinwirkungen /7, 22, 26, 67, 71, 105/ (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Wirkkategorie	Kurzbeschreibung	Beispiele	Quellen	ÖR ⁸⁾
1	2	3	4	5	6
10	Belästigungen	Lärm, Geruch		/71 ³⁾ 105 ⁷⁾ /	+/ χ ¹⁰⁾
11	Arbeitsschutz	Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz	MAK-Werte, TRK-Werte (vgl. auch lfd. Nr. 7)	/71 ³⁾ /	n. g.
12	Abwärme			/7, 71 ³⁾ /	n. g.
13	Abfall		je nach Definition	/22, 71 ²⁾ /	χ ¹¹⁾
14	Naturschutz	Beeinträchtigung der Naturschönheit und der Artenvielfalt		/71 ³⁾ /	n. g.
15	Erschütterungen			/71 ³⁾ /	n. g.

- 1) Energieverbrauch zur Bereitstellung und Energieinhalt der Stoffe
2) nach /105/ in jeder Ökobilanz zu berücksichtigen
3) nach /105/ je nach Zieldefinition zu berücksichtigen
4) in /105/ nur Bezug auf Gewässer
5) nur Emission von Radioaktivität
6) in Standardliste aufgenommen
7) Wirkungskategorie mit weiterem Diskussionsbedarf
8) Ökologische Relevanz/Bedeutung nach /104/
+++ : sehr groß χ : gering bis mittel
++ : groß - : gering
+ : mittel n. g. : nicht genannt, da in /104/ als dort nicht relevant eingestuft (vgl. auch /22/)
9) unterschiedlich, je nach betrachtetem Parameter
10) Siedlungsnah / Fernbereich
11) Deponieraum

subjektive Werthaltungen die Frage beeinflussen, wie verschiedene Umweltwirkungen in ihrer Wertigkeit untereinander einzustufen sind. Eine ausführliche Darstellung der grundlegenden Bestandteile von Ökobilanzen sowie verschiedener Bewertungsmethoden enthält der Dokumentationsband (V.3.2 Existierende Bewertungsmethoden).

Neben den Bewertungsmethoden sind die Bewertungsverfahren von Bedeutung. In einem Bewertungsverfahren können ein oder auch mehrere Bewertungsmethoden zum Einsatz kommen (s. auch Dokumentationsband V.3.3 Bewertungsver-

fahren). Die bisher am weitesten entwickelten und teilweise auch angewendeten Bewertungsverfahren (VNCI-Modell aus den Niederlanden, EPS-Modell aus Schweden, Tellus-Modell aus den USA, u.a.) enthalten jedoch zu starre Annahmen als Basis für die Berechnung. Die Bewertungslogik besteht dann lediglich im Berechnen von Sach- und Wirkungsbilanzen mit den zugrundegelegten Annahmen. Dieser Prozeß kann einer konsensfähigen Bewertungsmethode nicht gerecht werden /66/.

Mit der Methodik des Materialaufwandes pro Produkt- und Dienstleistungseinheit (MIPS) und des kumulierten Energieaufwandes (KEA) stehen zwei qualifizierende Bewertungsmethoden zur Verfügung, die sich ausschließlich auf den Material- und Ressourcenverbrauch (bei MIPS) und den Energieverbrauch (bei KEA) beschränken. Diese Kategorien können in Sachbilanzen sinnvoll aggregieren, sie können Ökobilanzen jedoch weder ersetzen noch deren Ergebnisse widerspiegeln. /57, 71/

Auf der Grundlage des KEA-Konzeptes wurde weiterhin ein standardisiertes Verfahren erarbeitet, die **Energie-Kennzahl**. Dieses Verfahren resultiert aus der Erkenntnis, daß sehr unterschiedliche Angaben über den Energieeinsatz bei der Produkterzeugung aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungen und Grundannahmen auch zu unterschiedlichen Interpretationen und Bewertungen führen. Die Energie-Kennzahl beinhaltet eine verbindliche Methode zur Ermittlung eines spezifischen Energiewertes für die Herstellung eines Produktes. Sie gibt den zur Herstellung eines Produktes notwendigen Gesamtenergiebedarf an und wird in MJ pro Produkteinheit angegeben. Sie kann direkt für weitere Lebenswegbetrachtungen ganzer Konstruktionen bei Mitnutzung des Produktes genutzt werden /66/.

Eine weitere Methode zur Beurteilung der Umweltwirkung eines Baustoffes ist die Erstellung eines **Ökoprofiles**. Das Ökoprofil unterscheidet sich nicht grundsätzlich in der Zielstellung oder im Bilanzkreis von einer Ökobilanz. Während letztlich eine Ökobilanz eine Endaussage anstrebt, trägt die Methode des Erstellens eines Ökoprofiles der Tatsache Rechnung, daß die methodischen Probleme der Informationsverdichtung noch nicht gelöst sind. So werden bei einem Ökoprofil die bewerteten Wirkungen auf einzelne Umweltbereiche nebeneinander dargestellt und nicht zusammengefaßt /7/.

7.4.3 Zusammenfassung

Gemäß der Aufgabenstellung des UBA sollen solche Anforderungen formuliert werden, die sich am einzelnen Produkt klar und eindeutig nachweisen lassen. Es sollen dabei vor allem Bewertungsmaßstäbe und Kriterien für die Umweltverträglichkeit von Recyclingprodukten (z. B. Vermeidung von Schadstoffemissionen), insbesondere im Hinblick auf die spätere Entsorgung und den abzuschätzenden Schadstoffeintrag aufgestellt werden.

Wie die Diskussion mit den Verbänden der Steine-Erden-Industrie zeigte, würde eine Reduzierung des Anforderungsprofils auf Mindestmengen eingesetzter sekundärer Rohstoffe und den Nachweis der Umweltverträglichkeit zu Akzeptanzschwierigkeiten eines Umweltzeichens in diesen Industrien führen, wenn evtl. vorhandene negative Aspekte aus Aufbereitung, Transport etc. nicht berücksichtigt würden..

Grundsätzlich muß der ökologische Nutzen der Verwendung von Abfällen zur Verwertung und sekundärer Rohstoffe, der durch das Umweltzeichen gewürdigt werden soll, deutlich gemacht werden.

Hier darf nicht der Eindruck entstehen, daß es um ein Recycling um jeden Preis geht.

Wie in Abschnitt 7.4 deutlich wurde, ist die Diskussion um die Bewertung von Umweltwirkungen noch im Gange. Einigkeit scheint z. B. bei der grundsätzlichen Bewertung des anthropogenen Treibhauseffektes zu bestehen. Es zeigt sich, daß der Effekt der Verwendung von Sekundärrohstoffen in dieser Kategorie bei Stoffen mit Bindemittleigenschaften deutlicher ausgeprägt ist als bei Zuschlagstoffen. Bei Zuschlagstoffen ist es sogar denkbar, daß, je nach notwendiger Aufbereitung, Umwelteffekte im Vergleich zum Bauprodukt aus Primärrohstoffen negativ werden. Hier hängt es davon ab, welche Primärrohstoffe (z. B. Kies und Sand oder gebrochene Zuschläge wie Kalkstein- oder Basaltsplitt) zum Vergleich herangezogen werden.

Um zu vermeiden, daß sich der ökologische Nutzen bei der Verwendung von Sekundärrohstoffen lediglich über die „Pauschalbegriffe“ Ressourcenschonung und Abfallvermeidung definiert, sollte nachgewiesen werden, daß das zu bewertende Recyclingbauprodukt gesamtökologisch in wesentlichen Umweltwirkungen nicht (deutlich) schlechter ist als ein technisch gleichwertiges Bauprodukt unter ausschließlicher Verwendung von Primärrohstoffen.

Dieser Ansatz deckt sich im übrigen mit der Vorgabe des KrW-/AbfG:

Gemäß § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG entfällt das Verwertungsgebot vollständig, wenn die Beseitigung des Abfalls die umweltverträglichere Lösung wäre. Dabei sind insbesondere

- *die zu erwartenden Emissionen,*
- *das Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen,*
- *die einzusetzende ... Energie und die*
- *Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnener Erzeugnisse*

zu berücksichtigen.

Der derzeitige Stand der Methodik der Ökobilanzierung läßt in Hinblick auf einen Kriterienkatalog für die Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte für den Hochbau aber eine abschließende Bewertung verschiedener Umweltwirkungen nicht zu, da die methodischen Probleme der Informationsverdichtung (Bewertungsmethoden) noch nicht gelöst sind.

Hier ist insbesondere darauf hinzuweisen, daß die Frage nach der Bewertung der Schonung von Ressourcen nicht eindeutig über die Knappheit des ersetzten Rohstoffes beantwortet werden kann. So wird bei mineralischen Zuschlägen und globaler Betrachtung kaum eine Knappheit nachzuweisen sein, während lokal, z. B. durch das „Nichtverlängern“ von Abbaugenehmigungen aus Landschaftsschutzgründen (politische Entscheidung) sehr wohl eine Knappheit gegeben sein kann. Gleiches gilt für die Bewertung der Einsparung von Deponieraum.

Für die Umweltzeichenvergabe ist nachzuweisen, daß die Verwertung der sekundären Rohstoffe in der beantragten Anwendung auch bei gesamtökologischer Betrachtung sinnvoll ist. Der Aufwand für diesen Nachweis sollte aber begrenzt

werden. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, daß zur Erlangung eines Umweltzeichens nachzuweisen ist, daß der Energieeinsatz zur Herstellung des zu beurteilenden Bauproduktes unter Verwendung eines sekundären Rohstoffes nicht wesentlich höher ist als der eines vergleichbaren Bauproduktes ausschließlich aus primären Rohstoffen. Dieser Nachweis ist für die jeweilige Produkteinheit zu erbringen.

Ein Nachweis bei Betrachtung des Energiehaushaltes eines Bauwerks unter Mitverwendung dieses Produktes würde zu einer deutlichen Abschwächung bis hin zu einer Nichtigkeitserklärung des Kriteriums führen, da bei der Betrachtung der gesamten Lebensphase von Gebäuden dem Energieaufwand der Baustoffherstellung i. d. R. eine untergeordnete Bedeutung zukommt. Bild 2 zeigt den herstellungs- und nutzungsbedingten Primärenergieverbrauch bei einem Verwaltungsgebäude aus Stahlbeton nach /74/. Diese Relativierung würde aber nicht dem Sinn eines Umweltzeichens entsprechen, das die ökologisch intelligentere Lösung fördern soll.

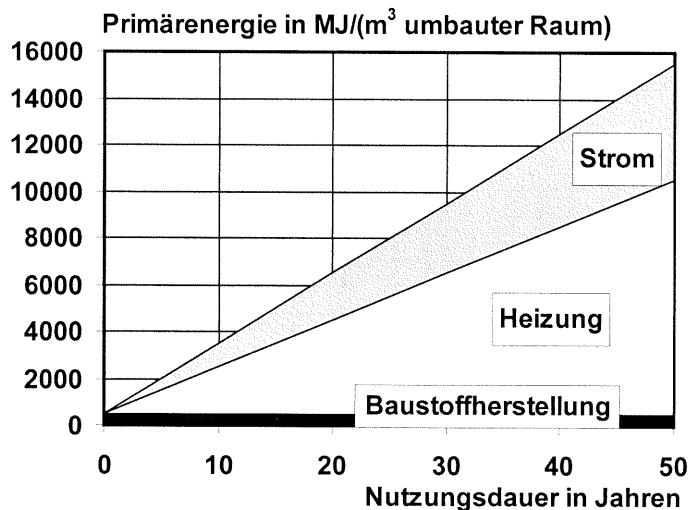


Bild 2: Herstellungs- und nutzungsbedingter Primärenergieverbrauch bei einem Verwaltungsgebäude aus Stahlbeton /74/

Die im Baustoff eingesetzte Menge eines Abfalls zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoffes wird als wesentliches Kriterium angesehen. Diese kann jedoch bei Recyclingbauprodukten nicht, wie es bei verschiedenen anderen Umweltzeichen

praktiziert wurde, pauschal formuliert werden, da die technisch einsetzbaren Mengen in verschiedenen Produktgruppen sehr unterschiedlich sind (hier besteht z. B. ein wesentlicher Unterschied darin, ob in zementgebundenen Baustoffen eine Bindemittel- oder eine Zuschlagkomponente ersetzt wird).

Vor diesem Hintergrund wird das folgende Bewertungsraster vorgeschlagen.

7.5 Konkretisierung des Bewertungsrasters

- a) Es muß ein Ersatz von Primärrohstoffen gegeben sein.

Dieses Kriterium ist Vorgabe des UBA im Sinne der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung. Hier besteht im Rahmen der Aufgabenstellung des UBA kein Diskussionsbedarf. Es handelt sich um ein ja/nein-Kriterium.

- b) Die Verwertung im Recyclingbaustoff soll für den eingesetzten Abfall eine hochwertige, stoffliche Verwertung im Sinne des KrW-/AbfG /72/ darstellen.

Bei der stofflichen Verwertung werden gemäß Definition des §4 Abs. 3 KrW/AbfG verschiedene Formen unterschieden:

1. die Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe),
2. die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle für
 - 2.1 den ursprünglichen Zweck
 - 2.2 für andere Zwecke mit Ausnahme der unmittelbaren Energierückgewinnung.

In /27/ werden hierzu folgende Beispiele gegeben:

- zu 1: Herstellung von REA-Gips aus Rauchgasreinigungsanlagen zur Substitution von Naturgips.
- zu 2.1: Aufbereitung von Ausbauasphalt in Asphaltmischanlagen für den Einsatz im Straßenbau.
- zu 2.2: Einsatz von Schmelzkammergranulat aus Steinkohlekraftwerken als Zuschlag für Bauprodukte.

Diese Einteilung sagt zunächst nichts über die Hochwertigkeit der Verwertung aus.

Die Hochwertigkeit einer Verwertung kann technisch und/oder im Sinne einer gesamtökologischen Betrachtung definiert werden.

Technisch:

Für Abfälle, die bereits eine Nutzungsphase durchlaufen haben (z. B. mineralische Bauabfälle), kann die Hochwertigkeit über die Ankopplung an den ursprünglichen Verwendungszweck erfolgen.

Beispiele:

- Beton aus dem Hochbau wird wieder als Zuschlagstoff für Beton im Hochbau eingesetzt = technisch hochwertig
- Gemisch aus Beton und Mauerwerk aus dem Hochbau wird als Verfüllmaterial im Kanalbau eingesetzt = technisch minderwertig („Downcycling“)

Die Bewertung erfolgt verbal argumentativ.

Gesamtökologisch:

Gesamtökologisch definiert sich die Hochwertigkeit zunächst über den Ersatz von Primärrohstoffen (vgl. a).

Darüber hinaus wird die Verwertung in diesem Sinne als hochwertig angesehen, wenn, bezogen auf das betrachtete Bauprodukt, die Verwendung des oder der sekundären Rohstoffe in bestimmten Umweltwirkungen im Vergleich zum Bauprodukt mit Primärrohstoffen nicht zu negativen Effekten führt. Hierzu sind die für das Recyclingbauprodukt aufzuwendende Energie („kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“ in MJ/Produkteinheit) zu betrachten. Dem KEA-Ansatz wird in /57/ ein großes Vertrauenspotential zuerkannt, da viele Umweltwirkungen, wie der Treibhauseffekt, die Versauerung, die Ozonbildung, Lärm, human- und ökotoxische Effekte sowie der Ressourcenverbrauch mehr oder weniger direkt mit dem Energiebedarf gekoppelt sind.

Bezüglich der Systemgrenze im Hinblick auf die Behandlung der sekundären Rohstoffe sowie der allgemeinen Datenbasis wird dabei auf /22, 66/ verwie-

sen. Anhang II enthält eine ausführliche Beschreibung der allgemeinen Vorgehensweise sowie Beispiele.

Für das Recyclingbauprodukt sind die Energieaufwendungen für

- Aufbereitung und
- Transport

des eingesetzten sekundären Rohstoffes zu berücksichtigen. In der Kategorie „Aufbereitung“ ist bei bindemittelgebundenen Baustoffen auch ein evtl. Mehraufwand einzusetzender Bindemittel zu berücksichtigen.

Findet keine besondere Aufbereitung statt und ist auch kein Mehraufwand von Bindemitteln notwendig, ist lediglich der Transport vom Anfallort zum Verwertungsort zu berücksichtigen. Damit soll ein Abfalltourismus zur Erlangung des Umweltzeichens vermieden werden.

Die Nachweise sind von den Antragstellern anhand nachvollziehbarer Antragsunterlagen zu erbringen.

Der Nachweis gilt als erbracht, wenn im Vergleich zu einem vom Antragsteller ausschließlich mit primären Rohstoffen produzierten, in seinen technischen Eigenschaften vergleichbaren, Bauprodukt der „kumulierte Energieaufwand (KEA_H)“ des Recyclingbauproduktes bezogen auf die Produkteinheit um nicht mehr als 10 % höher liegt als der KEA_H des Vergleichsproduktes (siehe auch Anhang II).

Hat der Produzent (Antragsteller) seine Produktion eigens für die Herstellung des Bauproduktes mit Sekundärrohstoffen aufgebaut und keine eigenen Vergleichswerte, so sind „belastbare“ Literaturdaten zum Vergleich heranzuziehen.

Wie erwähnt, sind der Energieeinsatz und die damit verbundenen Emissionen in der Herstellungsphase von Baustoffen im Vergleich zur Nutzungsphase von Gebäuden i. d. R. vernachlässigbar gering. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sollten jedoch Verschlechterungen in den genannten Umweltwirkungen über das genannte Maß hinaus - insbesondere im Zusammenhang mit der

Erlangung eines Umweltzeichens - vermieden werden (*kein Recycling um jeden Preis*).

Wird der eingesetzte sekundäre Rohstoff bereits zu 100 % in einer anderen Anwendung **hochwertig** verwendet, so ist der Einsatz in der beantragten Anwendung als nicht förderungswürdig anzusehen.

- c) Der Ausgangsstoff, der den Primärrohstoff ersetzt, muß Abfall zur Verwertung oder sekundärer Rohstoff im Sinne des KrW-/AbfG sein.

Dieses Kriterium ist Vorgabe des UBA. Hier besteht im Rahmen der Aufgabenstellung des UBA kein Diskussionsbedarf. Es handelt sich um ein ja/nein-Kriterium.

Die betriebsinterne Verwendung von Produktionsrückständen, die ebenfalls Abfälle zur Verwertung im Sinne des KrW-/AbfG sein könnten, sollte jedoch als „Minimalanforderung“ an eine Baustoffproduktion im Sinne der Abfallvermeidung angesehen werden. Sie stellt daher keine besondere Leistung im Sinne des Umweltzeichens dar. Darüber hinaus unterliegt die Vermeidung von Produktionsrückständen dem BImSchG /18/.

- d) Der Recyclingbaustoff (bzw. der Ausgangsstoff, der den Primärrohstoff ersetzt) muß wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes sein und/oder eine wesentliche Funktion erfüllen.

Hier muß eine Differenzierung nach Produktgruppen vorgenommen werden, da die technisch einsetzbaren Mengen in verschiedenen Produktgruppen sehr unterschiedlich sind. Die quantitative Bewertung, ob der eingesetzte Abfall zur Verwertung bzw. der Sekundärrohstoff wesentlicher Bestandteil des Baustoffes ist, muß sich nach dem technisch maximal einsetzbaren Gehalt des Stoffes, bezogen auf den ersetzten Primärrohstoff, ausrichten.

Im folgenden werden zu fordernde Einsatzmengen für verschiedene Produktgruppen auf der Basis der vorgenommenen Produktrecherche vorgeschlagen:

Beton und Betonwaren:

Tabelle 8: Vorschläge für zu fordernde Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Beton (DIN 1045, DIN 4219, DIN 4232)“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente ¹⁾	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ²⁾	Nachweis KEA _H ³⁾	Umweltzeichen
	M.-% ⁴⁾		V.-% ⁵⁾		?
1	2	3	4	5	6
1	100	100	-	nein	ja
2	-	-	≥ 20	ja	ja
3	-	-	≥ 20	nein	nein

1) Einsatz als Zementbestandteil

2) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes

3) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

4) Prozentualer Anteil der in diesen Stoffgruppen nach den derzeit gültigen technischen Regeln im Rahmen der DIN 1045 maximal einsetzbaren Mengen sekundärer Rohstoffe (die Bedingung muß in beiden Stoffgruppen gleichermaßen erfüllt werden).

5) bezogen auf den Zuschlaggehalt

Tabelle 9: Vorschläge für zu fordernde Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Betonwaren“ ¹⁾

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ²⁾	Nachweis KEA _H ³⁾	Umweltzeichen ?
	M.-%		V.-% ⁴⁾		
1	2	3	4	5	6
1	-	-	≥ 80	ja	ja
2	-	-	≥ 80	nein	nein

1) Betonwaren gemäß Abschnitt 5.2.2

2) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes

3) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

4) bezogen auf den Zuschlaggehalt

Erläuterungen zum Baustoffbereich „Beton und Betonwaren“:

- Bei Verwendung eines Sekundärrohstoffes mit Bindemittleigenschaften bzw. eines Zusatzstoffes (z. B. HÜS bzw. Portlandhütten- oder Hochofenzemente, SFA) in Beton nach DIN 1045 muß der Anteil jeweils 100 % der in diesen Stoffgruppen nach den derzeit gültigen technischen Regeln im Rahmen der DIN 1045 (gesamter Geltungsbereich) maximal einsetzbaren Mengen sekundärer Rohstoffe betragen (die Bedingung muß in beiden Stoffgruppen gleichermaßen erfüllt werden). Ein Einsatz dieser Stoffe außerhalb der Regelungen der DIN 1045 (d. h. größere Mengen) kann ebenfalls förderungswürdig sein. Hierfür können jedoch keine konkreten Zahlen genannt werden.
- Bei Verwendung eines Sekundärrohstoffes als Zuschlag in Beton nach DIN 1045 muß der Anteil am Zuschlagvolumen mindestens 20 % betragen (z. Zt. maximale Einsatzmenge für Betonsplitt in Betonen für Außenbau-

teile nach Rili DAfStb). Der Nachweis, daß die Verwendung des Sekundärrohstoffes auch bei ganzheitlicher Betrachtung in Bezug auf den Energiebedarf im Vergleich zu einem vergleichbaren Bauprodukt aus Primärrohstoffen nicht wesentlich schlechter ist, ist durch die Dokumentation der entsprechenden Sachbilanzdaten nachzuweisen (siehe Anhang II). Der Vergleich ist auf der Basis gleicher Bindemittel durchzuführen.

- Bei Verwendung eines Sekundärrohstoffes als Zuschlag in Betonwaren muß der Anteil am Zuschlagvolumen mindestens 80 % betragen. Der Nachweis, daß die Verwendung des Sekundärrohstoffes auch bei ganzheitlicher Betrachtung in Bezug auf den Energiebedarf im Vergleich zu einem vergleichbaren Bauprodukt aus Primärrohstoffen nicht wesentlich schlechter ist, ist durch die Dokumentation der entsprechenden Sachbilanzdaten nachzuweisen (siehe Anhang II). Der Vergleich ist auf der Basis gleicher Bindemittel durchzuführen.
- Für den Einsatz von Sekundärrohstoffen mit Bindemittleigenschaften bzw. eines Zusatzstoffes (z. B. HÜS bzw. Hochofenzemente, SFA) in Betonwaren existieren i. d. R. keine technischen Vorschriften im Hinblick auf maximale Einsatzmengen. Die mögliche Einsatzmenge muß daher vom Hersteller aufgrund der entsprechenden technischen Erfordernisse gewählt werden. Ohne den Einsatz rezyklierter Zuschläge wird vorgeschlagen, kein Umweltzeichen zu vergeben.

Diese Festlegungen orientieren sich an den derzeitigen technischen Möglichkeiten der Verwendung von Sekundärrohstoffen bei der Herstellung von Beton nach DIN 1045 und in Betonwaren.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen mit Bindemittleigenschaften, wie z. B. Hüttensand oder Steinkohlenflugasche, kann zu positiven Effekten in verschiedenen Umweltwirkungen führen (siehe Dokumentationsband II Sekundäre Rohstoffe). Ihre Verwendung ist seit vielen Jahren bis Jahrzehnten „Stand der Technik“ und hat sich erfolgreich etabliert. Dennoch lastet solchen Stoffen in der öffentlichen Meinung z. T. das negative Image des Abfallstoffes an, der

oftmals mit Attributen wie „giftig“ oder ähnlichem in Verbindung gebracht wird. Hier könnte also die Vergabe eines Umweltzeichens durchaus einen Beitrag zur Akzeptanzsteigerung leisten (ob die entsprechende Industrie das auch so sieht, ist zur Zeit jedoch fraglich). Da die Verwertung von Hüttensand i. d. R. über den Einsatz handelsüblicher Zemente stattfindet und z. B. auch die Verwendung von Steinkohlenflugasche in den üblichen Mengen nach DIN 1045 bzw. nach der Richtlinie des DAfStb „Flugasche im Beton“ keine herausragende technische Leistung darstellt, sollte ihr Einsatz im Beton nur dann mit dem Umweltzeichen „belohnt“ werden, wenn die nach den technischen Regelwerken (hier: gesamter Anwendungsbereich der DIN 1045) maximal möglichen Einsatzmengen für Bindemittel und Zusatzstoffe in Kombination eingesetzt werden.

Ein Umweltzeichen für Recyclingbauprodukte könnte z. B. mit der folgenden Umschrift vergeben werden:

Produktgruppe Beton und Betonwaren:

Umweltzeichen weil mit x Vol.-%/M.-% ... rohstoffschonend hergestellt.
--

Eine weitere Differenzierung erscheint nicht notwendig, da verschiedene Betonwaren (z. B. Pflastersteine und Betondachsteine) oder Betone für verschiedene Anwendungsgebiete (z. B. Beton für Innenbauteile und Betone mit hohem Frosttausalz widerstand) nicht unmittelbar in Konkurrenz treten können.

Baukeramik:

Aufgrund der Ausführungen in Kapitel 5.3, Mauerziegel, Ziegeleiprodukte und Klinker gibt es eine Vielzahl von Zusatz- und Sekundärrohstoffen, die je nach Zusammensetzung der Mischung zu 100 % ersetzt werden können (s. auch Tabelle 3 (S. 23)).

Da im Vergleich zu Betonprodukten keine technischen Richtwerte zum Einsatz von Sekundärrohstoffen existieren, könnte die 100 %-Marke als Kriterium, bezogen auf die Stoff- bzw. Funktionsgruppe in Verbindung mit der Einhaltung der übrigen Forderungen, gelten.

Bei der Stoffgruppe (Tonkomponente bzw. Magerungsmittel) ist zu berücksichtigen, daß die Tonkomponenten bei den baukeramischen Erzeugnissen auch schon Mischungen aus "normalen" und "fetten" Tonen, d. h. Tonen mit unterschiedlich hohen Tonmineralanteilen, sein können. Die „normalen“ Tone sind zumeist auch Träger höherer Sandanteile, die als Magerungsmittel anzusehen sind. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die sekundären Rohstoffe auch funktionsübergreifende Bestandteile beinhalten können. So kann es vorkommen, daß, ähnlich wie bei natürlichen Tonen, die sekundären Tonkomponenten auch sandartige Bestandteile beinhalten, die als Magerungsmittel wirken können. Beim Einsatz einer Tonkomponente aus sekundären Rohstoffen muß diesem Sachverhalt Rechnung getragen werden. Eine Trennung in die Stoffgruppen Tonkomponente und Magerungsmittel scheint vor diesem Hintergrund nicht sinnvoll.

Tabelle 10: Vorschläge für zu fordernde Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung für die Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Baukeramik“

Lfd. Nr.	Tonkomponente/ Magerungsmittel	Wirkstoff	Nachweis KEA _H ¹⁾	Umwelt- zeichen
	[M.-%] ²⁾	M.-%/V.-% ³⁾		?
1		4	5	6
1	> 50	-	ja	ja
2	-	100	ja	ja

1) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

2) bezogen auf den Anteil an der keramischen Rohmasse

3) bezogen auf den Wirkstoffgehalt

Der Einsatz einer Tonkomponente bzw. einer Mischung aus Tonkomponenten und Magerungsmittel aus sekundären Rohstoffen kann foglich dann förderungswürdig sein, wenn mindestens 50 M.-% der keramischen Rohmasse („Masse“) ersetzt wird.

Bei den Wirkstoffen (z.B. Porosierungsmittel) ist die "wesentliche Funktion" bei der Förderzeichenvergabe zu berücksichtigen. Die einzusetzenden Mengen haben überwiegend nur geringe Anteile an der Masse, weshalb hier die Förde-

rung durch das Umweltzeichen nur dann erfolgen sollte, wenn 100 % der Wirkstoffkomponente ersetzt wird.

Um Energieaufwendungen bezüglich Transport und Aufbereitung der sekundären Rohstoffe hinreichend genau berücksichtigen zu können, muß für den jeweiligen Produktionsort und den auszutauschenden Rohstoff eine Einzelbetrachtung vorgenommen werden. Allgemein ist zu beachten, daß bei Einsatz eines Sekundärrohstoffes die Erhöhung des „kumulierten Energieaufwandes bei der Herstellung“ (KEA_H) nicht mehr als 10 % betragen darf.

Eine Umweltzeichenvergabe für Recyclingbauprodukte könnte z. B. mit der folgenden Umschrift vergeben werden:

Produktgruppe Baukeramik:

Umweltzeichen weil mit x M.-%/V.-% (Austauschkomponente) rohstoffschonend hergestellt.

Hydrothermal gehärtete Baustoffe“:

Für den Bereich "Hydrothermal gehärtete Baustoffe" gelten sinngemäß die Ausführungen zur Baukeramik. Aufgrund der nicht bekannten Mischungszusammensetzungen sämtlicher Produkte und der darin evtl. enthaltenen maximal möglichen Anteile an Sekundärrohstoffen bei Einhaltung der Normanforderungen für die entsprechenden Produktgruppen muß hierbei eine Entscheidung im Einzelfall angestrebt werden. Dabei muß die Forderung nach dem "wesentlichen Anteil" bzw. der "wesentlichen Funktion" produktspezifisch beurteilt werden.

Tabelle 11: Vorschläge für zu fordernde Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung für die Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Hydrothermal gehärtete Baustoffe“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zuschlagstoff	Zusatzstoff	Nachweis KEA _H ¹⁾	Umweltzeichen ?
	M.-% ²⁾	M.-% ³⁾	M.-%/V.-% ⁴⁾		
1	2	3	4	5	6
1	≥ 50	≥ 50	-	ja	ja
2	-	≥ 80	-	ja	ja

1) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

2) bezogen auf den Bindemittelgehalt + reaktiver Zusatzstoffe

3) bezogen auf den Zuschlaggehalt

4) bezogen auf den Zusatzstoffgehalt

Beim Austausch von mindestens 50 % der Bindemittelkomponente (entsprechend 3 bis 5 M.-% des Produktes) könnte bei Nachweis eines Energiemehraufwandes (KEA_H) von insgesamt höchstens 10 % im Vergleich zu einer Produktion mit herkömmlichen Einsatzstoffen eine Förderung durch das Umweltzeichen vorgenommen werden, wenn zusätzlich auch 50 % des Zuschlagstoffes durch einen sekundären Rohstoff ersetzt wird.

Bei alleinigem Austausch des Zuschlagstoffes sollte die Förderung nur dann erfolgen, wenn mindestens 80 % Austausch durch einen sekundären Rohstoff vorliegt. In diesem Fall muß jedoch nachgewiesen werden, daß die Bindemittelanteile durch Verwendung des sekundären Rohstoffes nicht wesentlich erhöht werden, und daß die Energiemehraufwendungen um nicht mehr als 10 %, bezogen auf einen Prozeß mit natürlichen Rohstoffen, ansteigen.

Eine Umweltzeichenvergabe für Recyclingbauprodukte könnte z. B. mit der folgenden Umschrift vergeben werden:

Produktgruppe "Hydrothermal gehärtete Baustoffe":

Umweltzeichen weil mit x M.-% (Austauschkomponente) rohstoffschonend hergestellt.

Mörtel/Putz/Estrich:

Derzeit existieren keine Normen, Merkblätter o.ä., die den Einsatz von Recyclingmaterialien und Sekundärrohstoffen in Mörteln regeln. Im Rahmen der Produktnormen (DIN 1053 für Mauermörtel, DIN 18550 für Putzmörtel, DIN 18560 für Estriche) ist der Einsatz dieser Materialien unter Berücksichtigung der vorgegebenen bauphysikalischen Anforderungen jedoch möglich.

Aus Wettbewerbsgründen sowie der Vielzahl unterschiedlicher Mörtel- und Putzherstellfirmen werden die genauen Rezepturen der Werkmörtel nicht bekannt gegeben. Aufgrund dessen können allgemeingültige Aussagen zu den Mengen der eingesetzten bzw. einsetzbaren Sekundärrohstoffe und Recyclingmaterialien im einzelnen nicht gegeben werden. Infolge der fehlenden Informationen können die Mengen nur abgeschätzt werden. Tabelle 12 zeigt die vorgeschlagenen Einsatzmengen.

Tabelle 12: Vorschläge für zu fordernde Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung für die Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Mörtel/Putz/Estrich“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ¹⁾	Nachweis KEA _H ²⁾	Umweltzeichen ?
	M.-%		V.-% ³⁾		
1	2	3	4	5	6
1	-	-	≥ 80	ja	ja

1) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes

2) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

3) bezogen auf den Zuschlaggehalt

Erläuterungen zum Baustoffbereich Putz/Mörtel/Estrich:

- Bei Verwendung eines Sekundärrohstoffes als Zuschlag in Mörtel/Putz/Estrich muß der Anteil am Zuschlagvolumen mindestens 80 % betragen. Der Nachweis, daß die Verwendung des Sekundärrohstoffes auch bei ganzheitlicher Betrachtung in Bezug auf den Energiebedarf im Vergleich zu einem vergleichbaren Bauprodukt aus Primärrohstoffen nicht wesentlich schlechter ist, ist durch die Dokumentation der entsprechenden Sachbilanzdaten nachzuweisen (siehe Anhang II). Der Vergleich ist auf der Basis gleicher Bindemittel durchzuführen.
- Für den Einsatz von Sekundärrohstoffen mit Bindemittleigenschaften bzw. eines Zusatzstoffes (z. B. HÜS bzw. Portlandhütten- oder Hochofenzemente, SFA) in Mörtel/Putz/Estrich existieren keine technischen Vorschriften im Hinblick auf maximale Einsatzmengen. Die mögliche Einsatzmenge muß daher vom Hersteller aufgrund der entsprechenden technischen Erfordernisse gewählt werden. Ohne den Einsatz rezyklierter Zuschläge wird vorgeschlagen, kein Umweltzeichen zu vergeben.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen mit Bindemittleigenschaften, wie z. B. Hüttensand oder Steinkohlenflugasche, kann zu positiven Effekten in verschiedenen Umweltwirkungen führen (siehe Dokumentationsband II Sekundäre Rohstoffe). Ihre Verwendung ist seit vielen Jahren bis Jahrzehnten bei den Betonen „Stand der Technik“ und hat sich erfolgreich etabliert. Inwieweit deren Einsatz bei den Mörteln, Putzen und Estrichen möglich und sinnvoll ist, kann aus den genannten Gründen an dieser Stelle nicht angegeben werden.

Durch das Umweltzeichen sollten auch solche Mörtel, Putze und Estriche gefördert werden, die nur rezyklierte Zuschläge enthalten, um dieses Einsatzgebiet zu fördern.

Ein Umweltzeichen für Recyclingbauprodukte könnte z. B. mit der folgenden Umschrift vergeben werden:

Produktgruppe Mörtel/Putz/Estrich:

Umweltzeichen weil mit x Vol.-%/M.-% ... rohstoffschonend hergestellt.

- e) Die Verwendung des vorgesehenen Abfalls zur Verwertung muß nach geltendem Recht genehmigungsfähig sein, vergleiche 6.1.e), Seite 35. Eine weitere Konkretisierung ist hier nicht erforderlich.
- f) Anfallende bzw. verwertete oder verwertbare Gesamtmengen sowie die Kosten für die Aufbereitung sind keine Bewertungskriterien. Eine untere „Unwesentlichkeitsschwelle“ bzgl. der Mengen sollte allerdings berücksichtigt werden.
- g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium.
- h) Bzgl. der im Bauproduktengesetz /69/ definierten wesentlichen Anforderungen
- Gebrauchstauglichkeit,
 - mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
 - Brandschutz,
 - Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,
 - Nutzungssicherheit,
 - Schallschutz,
 - Energieeinsparung und Wärmeschutz

muß das Recyclingprodukt die gleichen Anforderungen erfüllen wie vergleichbare Bauprodukte aus Primärrohstoffen. Geänderte Eigenschaften dürfen den Verwendungszweck nicht beeinträchtigen (keine Bauprodukte zweiter Klasse!).

Die Produkte müssen den baufsichtlichen Anforderungen entsprechen. Der Nachweis der technischen Eignung der Recyclingbauprodukte für den vorgesehenen Anwendungsbereich ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung /11/ bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

Im Sinne des Boden- und Grundwasserschutzes gilt der Nachweis als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der LAGA eingehalten werden und geltende Verwendungsverbote und Beschränkungen für spezielle Stoffe (z. B. Chemiekalienverbotsverordnung oder Gefahrstoffverordnung) eingehalten werden. Darüber hinaus dürfen kanzerogene, mutagene oder teratogene Stoffe nicht

eingesetzt werden (vgl. /27/ und Vergabegrundlagen für bereits bestehende Bauprodukte, z. B. Baustoffe überwiegend aus Altglas (RAL-UZ49) /92/).

Nach Fertigstellung des DIBt-Merkblattes zur Bewertung der Boden- und Grundwassergefährdung durch Bauprodukte /27/ muß das Bauprodukt den dort festgelegten Grundsätzen und Anforderungen entsprechen.

Die Bewertung der Beeinflussung der Innenraumlufte durch Verwendung von Sekundärrohstoffen wird für die vorliegende Aufgabenstellung nicht berücksichtigt. Zum einen konkretisiert die Projektgruppe „Schadstoffe“ der ARGE-BAU derzeit ein Anforderungsprofil für organische Baustoffe im Bauwesen, wobei eine Ausweitung auf anorganische, mineralische Baustoffe derzeit nicht geplant ist. Zum anderen ist eine Beeinflussung durch die zu behandelnden Produktgruppen nach aktuellem Kenntnisstand der Autoren nicht zu befürchten.

- i) Mehrfachrecycling oder Einspeisung in andere Kreisläufe muß ohne unzulässige Schadstoffanreicherungen möglich sein. Für eine Bewertung der Bauprodukte ist ihre gesamte Lebensdauer, d. h. Herstellung, Nutzung, Abbruch/Rückbau sowie Verwertung/Entsorgung zu betrachten.

Der Nachweis gilt im Sinne des Boden- und Grundwasserschutzes als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der LAGA /75/ eingehalten werden. Nach /27/ können Bauprodukte in diesem Fall nach ihrer Nutzung als Recyclingbaustoff verwendet werden (vgl. auch Punkt e).

8 ANWENDUNG DER BEWERTUNGSKRITERIEN

8.1 Allgemeines

Im folgenden werden die in Abschnitt 6 formulierten Bewertungskriterien, soweit bereits möglich, beispielhaft auf die dem UBA vorliegenden „Anträge“ angewendet. Darüber hinaus wird ein Ausblick gegeben, welche Betone in der Baustoffgruppe „Beton“ ein Umweltzeichen erhalten könnten.

8.2 Vorliegende Anträge

8.2.1 Recycling-Betondachstein der Fa. Braas Dachsysteme GmbH & Co (Frankfurter Recycling Pfanne)

Bewertungsgrundlage: Produktgruppe „Betonwaren“

- a) Durch die Verwendung von Brechsand wird natürlicher Zuschlag ersetzt. Die Frage der Knappheit der Ressource Sand müßte ggf. lokal betrachtet werden. Nach /110/ (Ökobilanz für Betondachsteine) spielt der Aspekt der Knappheit des Rohstoffes Sand weder global noch regional eine Rolle. So liegt z. B. der Standort Borken, für den in /110/ beispielhaft eine Ökobilanz erstellt wurde, in einem Sandabbaugebiet, das bei maximaler Auslastung der bestehenden Produktionsanlagen noch für 250 Jahre eine Versorgung mit Sand aus einem Umkreis von wenigen Kilometern gewährleistet. Dagegen ist nach Auskunft der Fa. Braas Dachsysteme (Herr Wojtalewicz) für den Standort Heusenstamm nur noch für 3 bis 4 Jahre mit einer Abbaugenehmigung zu rechnen. Am Standort Hockenheim kommt der Sand bereits heute, wegen fehlender Abbaugenehmigungen per Schiff aus dem Elsaß. Der Ersatz von Primärrohstoffen ist jedoch in jedem Fall gegeben. ja
- b) Aus alten Betondachsteinen und Produktionsausschuß wird Zuschlag für neue Betondachsteine. Das Material verbleibt im gleichen Kreislauf (technisch hochwertig). (+)
- Der Einfluß der Verwendung alter Betondachsteine (Aufbereitung + Transport) auf den „kumulierten Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“ kann z. Zt. nicht abschließend beurteilt werden. Die von der Firma Braas Dachsysteme in Auftrag gegebene Ökobilanz für den Standort Borken /110/ enthält nicht die Verwertung alter Betondachsteine.
- Zum Konzept des Recycling-Betondachsteins gehört es nach diesen Unterlagen, den Zementanteil (Portlandzement) in zunehmendem Maße durch Hüttensand zu ersetzen. Die Substitution des energieintensiven Portlandzementes durch Hüttensand war in der Ökobilanz für den Standort Borken /110/ als größtes Einsparpotential identifiziert worden.
- c) Nach Auskunft der Fa. Braas Dachsysteme (Herr Wojtalewicz) kommen bisher nur sehr geringe Mengen gebrauchter Dachsteine vom Markt zurück (rd. 10.000 t pro Jahr). Die Fa. Braas Dachsysteme geht aber aufgrund der seit dem 01.01.1999 geänderten Rechtslage⁸ von einer bereits kurzfristig eintretenden erheblichen Steigerung aus. Zusätzlich fallen rd. 100.000 t Produktionsausschuß pro Jahr an. Die ja

⁸ Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung - in Kraft getreten am 01.01.1999

Firma Braas Dachsysteme produziert jährlich 400 Mio. Dachsteine. Dazu werden rd. 1,3 Mio. t Natursand eingesetzt.

Der Brechsand ist grundsätzlich, unabhängig davon, ob es sich um alte Betondachsteine oder Produktionsausschuß handelt, überwachungsbedürftiger Abfall zur Verwertung im Sinne des KrW-/AbfG.

Das Ziel der Schonung von Deponieraum ist in beiden Fällen gegeben. Die Verwendung von Produktionsrückständen sollte jedoch als „Minimalanforderung“ an eine Baustoffproduktion im Sinne der Abfallvermeidung angesehen werden.

- d) Die Firma Braas Dachsysteme setzt bei der Frankfurter Recycling Pfanne bis zu 100 Vol.-% Brechsand bezogen auf den Zuschlaggehalt ein. Der überwachungsbedürftige Abfall zur Verwertung ist damit wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes. +
- e) Forderung erfüllt, da laufende Produktion. +
- f) Derzeit kommen lediglich rd. 10.000 t gebrauchter Dachsteine pro Jahr vom Markt zurück. Dagegen fallen rd. 100.000 t Produktionsausschuß pro Jahr an. Die Firma Braas Dachsysteme produziert jährlich rd. 400 Mio. Dachsteine. Dazu werden rd. 1,3 Mio. t Natursand eingesetzt. In der jetzigen Situation könnten demnach mit gebrauchten Betondachsteinen rd. 0,8 % und mit Produktionsrückständen rd. 8 % Natursand ersetzt werden. Die Firma Braas Dachsysteme geht davon aus, daß die veränderte Rechtslage (s. c)) zu einer erheblichen Steigerung des Anteils der gebrauchten Dachsteine führen wird. Nach Auskunft der Fa. Braas Dachsysteme (Herr Wojtalewicz) werden bei den herkömmlichen Dachsteinen 6 bis 7 % Brechsand (rd. 10 Vol.-% bezogen auf den Zuschlaggehalt) eingesetzt. -
- g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium. +
- h) Die Firma Braas Dachsysteme hat Untersuchungsergebnisse zum Recyclingbetondachstein vorgelegt: +
- Druckfestigkeit: Die Recyclingbetondachsteine erfüllen die Anforderungen bzgl. der Druckfestigkeit nach EN 490.
 - Wasserundurchlässigkeit: Bei der Prüfung der Wasserundurchlässigkeit nach EN 491 zeigte sich innerhalb von 70d keine Durchfeuchtung.
 - Hänge-Nasen: Die Nasen-Festigkeiten der Recyclingbetondachsteine liegen, nach der bei der Firma Braas Dachsysteme angewendeten Prüfmethode, im üblichen Rahmen des Erfahrungsraumes.

- Bei der Freibewitterung und Frost-Tau-Wechsel (FTW)-Versuchen konnten nach den vorgelegten Ergebnissen keine Schäden und eine gute FTW-Beständigkeit festgestellt werden.
 - Analysenergebnisse von Betondachsteinbruch nach LAGA /75/ liegen vor (Tabellen A8 und A9 im Anhang I; es handelt sich um eine Probenahme und Analyse). Die Zuordnungswerte Z2 wurden von der untersuchten Probe eingehalten.
- i) Bezüglich Boden- und Grundwasserschutz siehe h). Inwieweit ein Mehrfachrecycling aus technischer Sicht ggf. zu einer Verringerung der Einsatzmengen führt, kann nicht abschließend beurteilt werden. +

Abschließende Bewertung

Bei der Herstellung des Recycling-Betondachsteins der Fa. Braas Dachsysteme (Frankfurter Recycling Pfanne) können 100 Vol.-% des Zuschlags (Sand < 4 mm) durch Brechsand ersetzt werden. Der Abfall zur Verwertung (hier: Brechsand) ist damit wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes. Zur Zeit können jedoch aufgrund mangelnden Rückflusses vom Markt mit gebrauchten Betondachsteinen nur rd. 0,75 % Natursand ersetzt werden. I. d. R. werden bei den herkömmlichen Dachsteinen 6 bis 7 % Brechsand eingesetzt.

Durch die Verwendung von Brechsand aus gebrauchten Betondachsteinen wird der Primärrohstoff Sand ersetzt, für den zwar global und z. T. auch lokal keine (Rohstoff)Knappheit besteht, für den jedoch lokal aus Gründen des Landschaftsschutzes (keine Abbaugenehmigung) eine (Markt)Knappheit gegeben sein kann.

Aus technischer Sicht ist diese Verwertung in jedem Fall als hochwertig anzusehen. Gesamtökologisch wäre zur Beurteilung der Auswirkungen der Verwendung des Brechsandes die Ermittlung des „kumulierten Energieaufwandes der Herstellung (KEA_H)“ notwendig, um darzulegen, daß die Aufbereitung des Brechsandes, ein ggf. erhöhter Bindemitelesatz und insbesondere der Transport der gebrauchten Dachsteine nicht zu einer deutlichen Verschlechterung der o. g. Umweltwirkungen führt. Die Verwertung des Brechsandes trägt pauschal zur Rohstoffschonung (Sand) und zur Vermeidung von Abfällen bei. Im Sinne der o. g. Umweltwirkungen ist die Substitution von Portlandzement(klinker) durch Hüttensand eine sinnvolle flankierende Maßnahme.

Bei Verwendung von 100 % Brechsand können nach vorliegenden Ergebnissen Betondachsteine produziert werden, die den Anforderungen der in diesem Fall maßgebenden Regelwerke entsprechen. Zur abschließenden Beurteilung wird jedoch empfohlen, sich vom Antragsteller, wenn nötig vertraulich, entsprechende Prüfzeugnisse incl. vollständiger Rezepturangaben vorlegen zu lassen. Aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes (relevant bei einer späteren Entsorgung) sollte eine regelmäßige Überprüfung nach den Technischen Regel „Bauschutt“ der LAGA /75/ stattfinden. Vorliegende Ergebnisse (eine Probenahme) haben gezeigt, daß der Recycling-Betondachstein aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes grundsätzlich genehmigungsfähig ist.

Das Umweltzeichen könnte für solche Betondachsteine vergeben werden, die ≥ 80 Vol.-% Brechsand aus **gebrauchten** Baustoffen (ohne Produktionsrückstände) enthalten (Bezug ist der Zuschlaganteil) und wenn ein entsprechender Nachweis bzgl. des Energieeinsatzes durch Aufbereitung, ggf. erhöhten Bindemittleinsatz und notwendige Transporte erbracht wurde.

8.2.2 Leichtbetonsteine aus Ziegelbruch, Firma SIMO-Werke

Bewertungsgrundlage: Produktgruppe „Betonwaren“

- a) Durch die Verwendung von Ziegelbruch werden natürliche Zuschläge (Lava, Bims, Blähton) ersetzt. Das eingesetzte Ziegelsplittmaterial besteht zu 70 % aus Dacheindeckungen, zu 20 % aus Mauerwerk und zu 10 % aus Produktionsausschuß bzw. der Rücknahme von alten Kaminanlagen (Außenschale: Ziegelmauerwerk). Neben dem Ziegelsplitt können in eingeschränktem Umfang (abhängig von der Rohdichte der herzustellenden Bauteile) Betondachpfannen sowie Bimsmauerwerk eingesetzt werden. ja
- b) Die Verwertung zu einem Baustoff stellt eine hochwertige Verwertung dar. (+)
Der Einfluß der Verwendung von Ziegelbruch (Aufbereitung + Transport) auf den „kumulierten Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“ kann z. Zt. nicht sicher beurteilt werden. Nach Herstelleraussagen wird das aufzubereitende Material angeliefert (Umkreis 30 km), der Energieaufwand wird tendenziell eher geringer angegeben.
- c) Der verwendete Ziegelsplitt ist Abfall zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoff im Sinne des KrW-/AbfG. ja

- d) Die Firma SIMO setzt i.d.R. bis zu 100 % Recyclingmaterial bezogen auf den Zuschlaggehalt ein. Der Abfall zur Verwertung bzw. der Sekundärrohstoff ist damit ein wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes. +
- e) Forderung erfüllt, da laufende Produktion. +
- f) Die Zuschläge ersetzen gegenwärtig zu 98 % den Rohstoffeinkauf an Lava, Bims und Leca (Blähton). Pro Jahr werden ca. 10.000 bis 15.000 t Recyclingmaterial als Zuschlag eingesetzt. +
- g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium. +
- h) Die erzielten Materialqualitäten sind mit denen der üblicherweise eingesetzten Rohstoffe vergleichbar. Gegenüber den Leichtbetonsteinen mit Primärzuschlägen weisen die Leichtbetonsteine mit Ziegelsplitt höhere Rohdichten und Druckfestigkeiten auf (Eigen- und Fremdüberwachung). Durch die längliche Kornform (splittig) des Ziegelsplitts muß der Zementanteil im Vergleich zur Herstellung von Leichtbetonsteinen mit Primärzuschlag geringfügig erhöht werden. Auch hierbei ist eine ökologische Bewertung der Verwertung zunächst schwierig, da Bindemittelanteile energieintensiv und somit ökologisch kritisch einzustufen sind. Der Abgleich mit nahezu 100 %-igem Zuschlagersatz müßte somit bilanzmäßig betrachtet werden. Aufgrund der notwendigen hohen Frühfestigkeit der Steine ist der Einsatz von z. B. Flugasche als Bindemittlersatz nicht möglich. (+)
Von dem Ziegelsplittzuschlag wurden zwei Trinkwasseranalysen durchgeführt (300 g Zuschlag, 950 ml Wasser). Nach Aussage der Fa. SIMO (Herr Kriwett) wiesen die beiden Proben Trinkwasserqualität auf (Bewertung erfolgte durch das Institut für Ziegelforschung Essen). Eine Ausnahme bildete bei einer Probe der Ammoniumgehalt, infolge Taubenkotes war hier ein erhöhter Wert nachweisbar. Die Analyseergebnisse liegen den Autoren vor.
Eine direkte Vergleichbarkeit mit dem modifizierten DEV-S4-Verfahren bzw. mit den Zuordnungswerten der LAGA ist aufgrund des veränderten Festkörper/Flüssigkeitsverhältnisses nicht gegeben.
- i) Ein Mehrfachrecycling ist nach Aussagen der Fa. SIMO (Herr Kriwett) möglich, Abbruchmaterial kann ebenso wie Produktionsausschuß nach der Zerkleinerung erneut dem Produktionsprozeß zugegeben werden (im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit gelten die unter e) genannten Einschränkungen). (+)

Abschließende Bewertung

Durch die Verwendung von Ziegelbruch werden natürliche Zuschläge (Lava, Bims, Blähton) ersetzt. Neben dem Ziegelsplitt können in eingeschränktem Umfang (abhängig von der Rohdichte der herzustellenden Bauteile) Betondachpfannen sowie Bimsmauerwerk eingesetzt werden. Die Zuschläge ersetzen gegenwärtig zu 98 % den Rohstoffeinkauf an Lava, Bims und Leca (Blähton). Pro Jahr werden ca. 10.000 bis 15.000 t Recyclingmaterial als Zuschlag eingesetzt.

Aus technischer Sicht ist diese Verwertung in jedem Fall als hochwertig anzusehen. Gesamtökologisch wäre zur Beurteilung der Auswirkungen der Verwendung des Ziegelsplitts die Ermittlung des „kumulierten Energieaufwandes der Herstellung (KEA_H)“ notwendig, um darzulegen, daß die Aufbereitung des Ziegelsplitts, ein ggf. erhöhter Bindemiteleinsatz und insbesondere der Transport des Ziegelsplittmaterials nicht zu einer deutlichen Verschlechterung der o. g. Umweltwirkungen führt. Die Verwertung des Ziegelsplitts trägt pauschal zur Rohstoffschonung (Lava, Bims und Blähton) und zur Vermeidung von Abfällen bei.

Aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes (relevant bei einer späteren Entsorgung) sollte eine regelmäßige Überprüfung nach den Technischen Regel „Bauschutt“ der LAGA /75/ stattfinden.

Das Umweltzeichen könnte für solche Leichtbetonsteine vergeben werden, die ≥ 80 % Ziegelsplitt aus **gebrauchten** Dacheindeckungen und Mauerwerk (ohne Produktionsrückstände) enthalten (Bezug ist der Zuschlaganteil) und wenn ein entsprechender Nachweis bzgl. des Energieeinsatzes durch Aufbereitung, ggf. erhöhten Bindemiteleinsatz und notwendige Transporte erbracht wurde.

8.2.3 Betonprodukte mit Ziegelbruch - Firma Schwendilator

Bewertungsgrundlage: Produktgruppe „Betonwaren“

- a) Für die Herstellung von Betonprodukten, schwerpunktmäßig Schornsteinen aus Leichtbeton, wird aufbereiteter Ziegelbruch als Zuschlag verwendet. Dabei wird je nach Produkt entweder ausschließlich selbst aufbereiteter Ziegelbruch oder aufbereiteter Ziegelbruch mit maximal
- ja

10 V.-% eines herkömmlichen Leichtzuschlages (Blähton) eingesetzt. Durch den Einsatz von 90 bzw. 100 V.-% aufbereiteten Ziegelbruchs als Zuschlag ist ein Ersatz von Primärrohstoffen gegeben: in diesem Fall Ton zu Herstellung von Blähton, Bims bzw. andere natürliche Leichtzuschläge.

Bei dem Ziegelbruch handelt es sich um vorsortierten Mauerwerksabbruch, bevorzugt solchen mit Porotonsteinen aus der Fehlproduktion eines Porotonwerkes, und auch von sortierten Dachziegeln.

- | | | |
|----|---|-----|
| b) | Die Verwertung zu einem Baustoff stellt eine hochwertige Verwertung dar. Alternativen bestehen im Straßen- und Wegebau bzw. im Hochbau als Schüttmaterial. | (+) |
| | Neben der Vorsortierung und der Anlieferung ist die Aufbereitung in einer hauseigenen Brech- und Siebanlage erforderlich. Zu den energetischen Auswirkungen des Einsatzes von Ziegelbruch auf die Energiebilanz des Betonproduktes liegen keine Hinweise vor. Der Einfluß der Verwendung von Ziegelschutt (Aufbereitung + Transport) auf den „kumulierten Energieaufwand der Herstellung (KEA _H)“ kann z. Zt. nicht beurteilt werden. | |
| c) | Das Ziegelbruchmaterial ist, sofern es nicht verunreinigt vorliegt, Abfall zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoff im Sinne des KrW-/AbfG. Der Verunreinigungsgrad bedingt eventuell eine Erhöhung des Aufbereitungsumfanges und damit verbunden der Aufbereitungsenergie. | ja |
| d) | Es handelt sich um einen wesentlichen Bestandteil (90 bzw. 100 V.-%) des Primärrohstoffes Zuschlag (bzw. Ton o. nat. Leichtzuschlag) | - |
| e) | Forderung erfüllt, da laufende Produktion. | + |
| f) | Es werden wechselnde Reststoffarten und -mengen verarbeitet. Mengenspezifische Angaben liegen nicht vor. | + |
| g) | Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist <u>kein</u> Kriterium. | + |
| h) | Die Produkte unterliegen der Eigen- und Fremdüberwachung. Dabei werden die physikalisch-technischen Anforderungen des Produktes geprüft. Vom Antragsteller wurden einige Zulassungsbescheide zur Verfügung gestellt. | (+) |
| | Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit (chemische Inhaltsstoffe sowie deren Elutionsverhalten) der Produkte liegen nicht vor. | |

Aufgrund des Einsatzes von sortiertem Recyclingmaterial ist nach Ansicht der Autoren jedoch keine Beeinträchtigung zu erwarten. Der Nachweis ist vom Antragsteller zu erbringen.

- i) Beim Recycling sind zunächst technische Belange zur Einsatzmenge zu berücksichtigen. Eine Schadstoffanreicherung ist bei der genannten Stoffgruppe nicht zu erwarten. +

Abschließende Bewertung:

Die Firma Schwendilator verwendet für die Herstellung von Betonprodukten Leichtbeton mit aufbereitetem Ziegelbruch als Zuschlag, vornehmlich aus der Fehlproduktion eines Porotonwerkes. Das Ziegelbruchmaterial ersetzt den Zuschlag zu 100 V.-%, bzw. 90 V.-% bei Einsatz von 10 V.-% Blähton, was einem wesentlichen Bestandteil entspricht. Das Material wird in einer hauseigenen Aufbereitungsanlage hergestellt und dem Produktionsprozeß dann zugeführt, wenn die jeweilige Produktgruppe dies zuläßt. Es handelt sich um eine diskontinuierliche Produktion.

Die Produkte unterliegen der Eigen- und Fremdüberwachung in bezug auf die physikalischen Parameter. Bezüglich der Umweltverträglichkeitsuntersuchungen liegen bislang keine Ergebnisse vor. Diese müßten vom Antragsteller noch beauftragt werden.

Aus technischer Sicht ist diese Verwertung in jedem Fall als hochwertig anzusehen. Gesamtökologisch wäre zur Beurteilung der Auswirkungen der Verwendung des Ziegelschutts die Ermittlung des „kumulierten Energieaufwandes der Herstellung (KEA_H)“ notwendig, um darzulegen, daß die Aufbereitung des Ziegelschutts, ein ggf. erhöhter Bindemiteleinsatz und insbesondere der Transport des Ziegelschutts nicht zu einer deutlichen Verschlechterung der o. g. Umweltwirkungen führt. Der Antragsteller hat nur ungenaue Angaben zu einem Bindemittelmehraufwand bei Mitnutzung von Ziegelbruch mitteilen können. Bei Verwendung von Ziegelbruch soll der Bindemittelgehalt leicht erhöht liegen. Die Angaben beziehen sich auf Erfahrungswerte. Die Mischungsrezepturen liegen im Werk vor.

Das Umweltzeichen könnte für solche Leichtbetonsteine vergeben werden, die $\geq 80\%$ Ziegelsplitt aus aufbereitetem Ziegelbruch (ohne eigene Produktionsrückstände) enthalten (Bezug ist der Zuschlaganteil) und wenn ein entsprechender Nachweis bezüglich des Energieeinsatzes durch Aufbereitung, ggf. erhöhten Bindemittleinsatz und notwendige Transporte erbracht wurde.

8.2.4 Hanseaten-Ziegel - Firma ETH Umwelttechnik

Bewertungsgrundlage: Produktgruppe „Baukeramik“

- a) Durch den Einsatz von 50 - 80 M.-% Hafenschlick als Abfall in einem Produktionsprozeß ist die Forderung mit Ja zu beantworten! Durch den erhöhten Feuchtegehalt des Hafenschlicks ist hierbei ein erhöhter Trocknungsaufwand zu berücksichtigen, was in die Rohstoffbilanz eingeht.

ja
- b) Die Verwertung zu einem Baustoff stellt eine hochwertige Verwertung dar. Alternativen bestehen in der bisher durchgeführten Aufspülung als langfristige Landgewinnungsmaßnahme.

Das Zufahren von fettem Ton ist Stand der Technik und wird häufig betrieben. Es handelt sich hierbei für die Bewertung um einen Faktor, der Produkt- und Standortspezifisch ist.

Der Einfluß der Verwendung von Hafenschlick auf den „kumulierten Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“ eines Ziegelproduktes im Vergleich zu einem Produkt mit natürlichem Ton muß noch dargestellt werden.

+
- c) Der Hafenschlick ist Abfall zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoff im Sinne des KrW-/AbfG.

ja
- d) Es handelt sich um einen wesentlichen Bestandteil (50 -80 M.-% des Primärrohstoffes). Der Hafenschlick gilt hierbei funktionsübergreifend sowohl als Tonkomponente als auch als Magerungsmittel, die organischen Bestandteile als Brennhilfs- und Porosierungsmittel.

+
- e) Die Ziegelei ist im Rahmen einer Versuchsgenehmigung nach der 17. BImSchV berechtigt, Hafenschlick einzusetzen. Der Prozeß erzeugt ein Abwasser, das teilweise im Kreislauf geführt wird. Das auszuscheidende Restwasser wird prozeßintern gereinigt und direkt einem Vorfluter zugeführt. Die Rauchgasreinigung erfolgt durch Naß-/Trockendispersion mit Wülfrisorb, einen Kalziumhydroxid/Aktivkohlemisch.

+

- f) Es werden Mengen von in Deutschland anfallendem Hafenschlick in Höhe von 5 bis 7 Mio m³ genannt. Mengen von verwertetem bzw. zu verwertendem Hafenschlick in Ziegeln gibt es derzeit nicht. +
- g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium. +
- h) Die Produkte unterliegen der Eigen- und Fremdüberwachung. Dabei werden die physikalisch-technischen Anforderungen an das Produkt geprüft. Zu den Inhaltsstoffen liegen dem Antragsteller Untersuchungsergebnisse vor. (+)
- Mit den Produkten wurden bereits zwei große Bauwerke hergestellt (ein Privathaus, ein 5-stöckiges Bürohaus). Dem Antragsteller liegen somit Erfahrungen und Meßdaten zu den geforderten Werten vor, die jedoch noch nicht belegt wurden. Es ist aber anzunehmen, daß eine angestrebte Regelproduktion diesbezüglich ebenfalls normgerechte Produkte liefert.
- Es liegen vereinzelte Analysen zu den Inhaltsstoffen des Hafenschlicks vor. Es ist davon auszugehen, daß die LAGA Z2-Kriterien eingehalten werden können. Die Ergebnisse der Untersuchungen an Produkten aus neuer Produktion liegen noch nicht vor. Unter Berücksichtigung der Einsatzstoffe und der Prozeßführung ist jedoch auch hierbei davon auszugehen, daß die relevanten Grenzwerte unterschritten werden. ETH-eigene Vergleichsuntersuchungen mit Ziegeln aus natürlichen Rohstoffen belegen die ähnliche Schwankungsbreite.
- i) Bei der Ziegeltechnik ist der Anteil an Inertstoffen zur Magerung von der eingesetzten Tonkomponente abhängig. Im vorliegenden Fall werden 10 M.-% Eigenbruch in gemahlener Form der Ziegelmasse zugegeben. Höhere Anteile sind aus brenntechnischen Gründen nicht möglich, da der Hafenschlick ebenfalls über hohe Sandanteile verfügt. Ein Mehrfachrecycling ist wie bei anderen Ziegeleiprodukten möglich. Eine Einspeisung in andere Kreisläufe kann ggf., wie bisher, zu einem Downcycling führen (Mengenproblem!). +
- Gemäß der Auskünfte des Antragstellers liegen Ergebnisse von Vergleichsuntersuchungen mit herkömmlichen Ziegelsteinen vor. Die Untersuchungen sind jedoch älteren Datums. Demnach sind keine gravierende Unterschiede im Elutionsverhalten festzustellen. Es wurden im Gegenteil teilweise deutlich reduzierte Schwermetallauslaugungen festgestellt (mdl. Auskunft Herr Schneider)

Abschließende Bewertung:

Der Hanseaten-Stein besteht aus 50 - 80 M.-% Hafenschlick der Korngröße $< 63 \mu\text{m}$, ca. 10 M.-% Ziegelsplitt aus eigener Produktion und 10 - 40 M.-% eines natürlichen Tones, bzw. des Gemisches mit Ton einer norddeutschen Lagerstätte mit Westerwälder Ton.

Die Rohstoffe werden intensiv gemischt, gepreßt und in einem gegenläufigen Ofen, der eine geschlossene Fahrweise zur Beseitigung der organischen Bestandteile erlaubt, bei einer Brenntemperatur von 1080 bis 1100°C über 70 h Brenndauer (ca. 30 h Aufheizen, 12 h Haltezeit und 30 h Abheizen) gebrannt. Die Rauchgasreinigung erfolgt über einen Abhitzekeßel mit nachgeschalteter Quench und Naßreinigung oder mittels Trockensorption.

Derzeit liegen keine Untersuchungsergebnisse aus der Produktion vor. Es wurde bei einem Gesprächstermin vor Ort erläutert, daß man die Einhaltung einer in Grenzen definierten Rezeptur für den Bau einer neuen Großanlage als durchführbar halte.

Der Antrag der Firma ETH zeigt aufgrund der Nutzung von 50 - 80 M.-% Hafenschlick ein hohes Förderpotential. Der Antrag kann derzeit nicht abschließend begutachtet werden. Eine Begutachtung auf Förderung mittels der vorgeschlagenen Kriterien kann erst dann erfolgen, wenn die Angaben zu Energie-mehrverbrauch beim Produktionsprozeß und vor allem zu den chemischen Inhaltsstoffen und den Elutionswerten vorgelegt werden. Die energetischen Betrachtungen sollten günstigerweise wie bei der Energie-Kennzahl-Ermittlung durchgeführt werden.

8.2.5 steanit Kalksandstein - Firma STEAG

Bewertungsgrundlage: Produktgruppe „Hydrothermal gehärtete Baustoffe“

- a) Durch die Verwendung von Schmelzkammergranulat und Flugasche wird natürlicher Zuschlag ersetzt. Die Frage nach der Ressource Sand müßte auch hier lokal betrachtet werden (Vgl. 7.2.1 a).
Durch den Einsatz von ca. 92 - 95 % Aschen und Schlacken ist die Forderung mit Ja zu beantworten!
- b) Die Verwendung in einem Baustoff stellt eine hochwertige Verwer- (+)

tung dar. Alternativen bestehen im Straßen- und Wegebau sowie als Mörtel- und Betonzuschlag.

Die Aufbereitungsarbeit beim Schmelzkammergranulat scheint gemäß den Angaben des Antragstellers keinen besonderen Aufwand zu erfordern (Verschleiß ca. 0,80 DM/t, Energieaufwand ca. 1,5 kWh/t). Demgegenüber sind bei der Verwendung von natürlichem Sand als Zuschlag der Abbau- und Förderungsaufwand zu berücksichtigen. Dieser Sachverhalt müßte durch Ermittlung des „kumulierten Energieaufwandes bei der Herstellung (KEA_H)“ eines Kalk-Sand-Produktes mit Schmelzkammergranulat und Flugasche im Vergleich zu einem Produkt mit natürlichen Rohstoffen belegt werden.

- | | | |
|----|---|-----|
| c) | Bei den Schlacken und Aschen aus der Steinkohlenverbrennung handelt es sich um Abfälle zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoffe im Sinne des KrW-/AbfG. | ja |
| d) | Es handelt sich um einen wesentlichen Bestandteil, da 100 M.-% des Primärrohstoffes Sand ausgetauscht werden. | + |
| e) | Forderung erfüllt, da laufende Produktion | + |
| f) | Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird der steanit Kalksandstein an nur einem Standort produziert. Es werden jährlich 90.000 t Schmelzkammergranulat und 10.000 t Flugasche zu steanit Kalksandsteinen verarbeitet. | + |
| g) | Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist <u>kein</u> Kriterium. | (+) |
| h) | Den Antragsunterlagen lagen zahlreiche Ergebnisse zu physikalisch-technischen und umweltrelevanten Untersuchungen bei. Dabei handelt es sich um: <ul style="list-style-type: none"> - die chemisch-mineralogische Beschreibung der Rohstoffe Schmelzkammergranulat und Steinkohlenflugasche - den Ergebnisbericht: Messungen der Aktivitätskonzentrationen natürlicher Radionuklide und der Radon-Exhalationsrate an steanit-Steinen (Privatdozent Dr. G. Keller, Homburg) <p>Ergebnis: Aus der Sicht des Strahlenschutzes ist die bestimmungsgemäße Verwendung dieses Materials, verglichen mit anderen Baustoffen, als unbedenklich anzusehen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prüfbescheid des DIBt für die Steinkohlenflugasche "Steamment H-4 (FA)" des Heizkraftwerkes Herne, Block IV, als Betonzusatzstoff nach DIN EN 450 (Prüfzeichen PA VII-21/172) | (+) |

- Prüfzeugnis der MPA Dortmund zum steanit-Kalksand-Lochstein/KSL 20-1,6-2DF nach DIN 106, **Ergebnis:** Die geprüften Steine entsprechen den Anforderungen
- Untersuchungen von steanit-Kalksandsteinen auf ausgasende organische Verbindungen, Dioxine und Furane, relevante Schwermetalle und Eluate nach DEV-S4 vom Hygiene Institut Gelsenkirchen.

Ergebnisse:

- keine meßbare Belastung durch ausgasende organische Verbindungen zu erwarten.
- keine positiven Befunde bei Dioxinen und Furanen
- Zn, Ni und Pb-Konzentrationen gefunden, Höhe ähnlich Tonschiefer
- die gemäß TA-Siedlungsabfall festgeschriebenen Eluatgrenzwerte für Bauschutt und Inertstoffdeponien werden mit Abstand eingehalten
- in Hinblick auf die Wiederverwertung als Recyclingbaustoff folgt RCL II (Gem. Rd.Erl. des Ministeriums f. Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft u. d. Ministeriums f. Stadtentwicklung und Verkehr vom 25.04.1991 und vom 30.04.1991)

Nachgereicht:

- Physikalisch-chemische Untersuchungen von Schmelzkammergranulat "steagran, P,G," aus dem Kraftwerk Lünen durch das Hygiene Institut Gelsenkirchen. **Ergebnis:** Bei den Elutionsuntersuchungen werden sowohl die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung* als auch die im Rahmen der Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau angeführten Kenngrößen und Grenzwerte sämtlich eingehalten. - Aus wasserwirtschaftlicher Sicht für den Einsatz im Erd- und Straßenbau geeignet (Gem. Rd. Erl^{**/**}).

* Verordnung über Trinkwasser und Wasser für Lebensmittelbetriebe: Trinkwasserverordnung-TrinkwV (05.12.1990)

** Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau (25.04.1991)

*** Anforderungen an die Verwertung von aufbereiteten Altbaustoffen (Recycling-Baustoffen) und industriellen Nebenprodukten im Erd- und Straßenbau aus wasserwirtschaftlicher Sicht (30.04.1991)

- gleiches gilt für die Steinkohlenflugasche steament H4 aus dem KW Herne mit Ausnahme der Aussagen zur Trinkwasserverordnung. Diesbezüglich wurden keine Untersuchungen durchgeführt.
- Radiologische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Exhalationsraten von Kraftwerksnebenprodukten und Baustoffen, die Kraftwerksnebenprodukte enthalten.

Ergebnis: Alle untersuchten Baustoffe liegen im Bereich von vergleichbaren Stoffen. Eine sachgemäße Weiterverwendung ist unbe-

denklich.

Ökobilanzen liegen nicht vor. Im Rahmen interner Umwelt- und Betriebsprüfungen sind aber grundlegende Arbeiten für eine Zertifizierung erfolgt, ebenso für die Anerkennung als Entsorgungsfachbetrieb nach Kreislaufwirtschaftsgesetz.

Die Vorgaben der Z2-Zuordnungswerte für Recyclingbaustoffe/nicht aufbereiteten Bauschutt nach LAGA /75/ werden sämtlich eingehalten.

- i) Verwertung als Straßenbaustoff ist möglich (RCL II). Wiedereinsatz (+) als Ausgangsstoff zur KS-Herstellung in gleicher Weise wie bei normalen KS-Steinen möglich.

Abschließende Bewertung

Es werden jährlich 90.000 t Schmelzkammergranulat und 10.000 t Flugasche zu steanit Kalksandsteinen verarbeitet. Die Sekundärrohstoffe werden normalerweise über 11 km Entfernung per LKW zum Produktionsstandort nach Bochum transportiert, in Ausnahmefällen beträgt der Weg 36 km.

Für den Produktionsprozeß wird das Schmelzkammergranulat gebrochen, der Verschleiß bei der Aufbereitung wird mit 0,80 DM/t angegeben, die notwendige elektrische Energie mit 1,5 kWh/t. Die Mischung, Formgebung und Autoklavbehandlung erfolgt in üblichen Geräten. Bei der Autoklavbehandlung anfallendes Wasser wird im Kreislauf geführt.

Der steanit Stein ist als Hochbauschutt auf jeder Bauschuttdeponie abzulagern, als Recycling-Baustoffe würde der steanit-Stein in Klasse RCL II (Min.R.Erl.NW) eingestuft werden.

Unter der Voraussetzung, daß bei der energetischen Bilanzierung (KEA_H) des Produktionsprozesses im Vergleich mit einem normalen Kalk-Sand-Prozeß eine 10 %-Grenze des Energiemehraufwandes nicht überschritten wird, könnte die Vergabe des Umweltzeichens für den steanit Kalksandstein wie folgt begründet werden:

Das Umweltzeichen könnte für solche steanit Kalksandsteine vergeben werden, die > 80 M.-% Schmelzkammergranulat und Flugasche im Produkt enthalten (Bezug ist jeweils der Zuschlaganteil) und wenn ein entsprechender Nachweis bzgl. des Energieeinsatzes (KEA_H) im Vergleich zum normalen Kalk-Sand-Prozeß erbracht wird.

8.2.6 Kalk-Zement-Leichtgrundputz, Estrichschüttungen aus Recyclingpolystyrol, Firma Eberhard Wornien

Bewertungsgrundlage: Produktgruppe „Mörtel/Putz/Estrich“

- a) Von der Firma Eberhard Wornien werden ein Kalk-Zement-Leichtgrundputz sowie Estrichschüttungen hergestellt, die zum überwiegen- ja
den Anteil (> 95 Vol.-% bezogen auf die Gesamtmenge) aus recyceltem Alt-Polystyrol bestehen. Es wird ausschließlich Alt-Polystyrol, Verpackungsabfälle und Abfälle von Dämmaterial, eingesetzt. Als Treibmittel wurden angabegemäß Pentan (Faulgas) und Wasserdampf verwendet.

Der Leichtgrundputz Polyleicht 665 besteht aus Alt-Polystyrol, Zement CEM I 32,5 und Additiven, die Inhaltsstoffe der Additiven sind Verdicker, Bindemittel, Stellmittel, eine Hydrophobierung und Luftporenbildner.

Die Estrichausgleichsschüttung EURO-Plan besteht aus Alt-Polystyrol, Zement CEM I 32,5 R, Beschleuniger und Elastifizierer.

Die angelieferten Polystyrolformteile (Verpackungsrückstände) werden regeneriert. Die Polystyrolkügelchen erhalten durch ein spezielles Verfahren eine schuppig-rauhe Oberfläche, die eine optimale Anhaftung des jeweiligen Bindemittels und der Zuschlagstoffe sichert sowie einer Entmischung bei Lagerung und Transport entgegenwirkt.

- b) Die Verwendung in einem Baustoff stellt eine hochwertige Verwertung dar. +

Alternativ kann Alt-Polystyrol eingeschmolzen und neu aufgeschäumt, recycelt (hoher Transport- und Energieaufwand), verbrannt oder deponiert werden. Das Einbringen des Alt-Polystyrols in neue Produkte, mit dem nur geringem Aufwand des Zerkleinerns, stellt demnach eine umweltfreundliche Lösung dar. Zu bedenken ist, daß bei herkömmlichen Putzen und Estrichen zur Wärmedämmung Neu-EPS eingesetzt wird. Hinsichtlich der Ressourcenschonung ist der Einsatz von Alt-Polystyrol zu bevorzugen.

Der Einfluß der Verwendung von Alt-Polystyrol (Aufbereitung + Transport) auf den „kumulierten Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“ kann z. Zt. nicht sicher beurteilt werden. Der Energieverbrauch (Strom) zur Aufbereitung ist nach Angaben des Herstellers ge-

ring, bei einem Tagesdurchsatz von ca. 60 m³ werden ca. 155 kW verbraucht.

- c) Beim Alt-Polystyrol handelt es sich um einen Abfall zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoff im Sinne des KrW-/AbfG. Der Jahresbedarf an Alt-Polystyrol ist in der Einführungsphase schwer abzuschätzen. Er wird nach Herstellerangaben mit etwa 10.000 m³ angenommen. ja
- d) Es wird ausschließlich Alt-Polystyrol als Zuschlag eingesetzt. Der Kalk-Zement-Leichtgrundputz sowie die Estrichschüttungen bestehen zum überwiegenden Anteil (> 95 Vol.-% bezogen auf die Gesamtmenge) aus recyceltem Alt-Polystyrol. Der Abfall zur Verwertung bzw. der Sekundärrohstoff ist damit ein wesentlicher Bestandteil des Bauproduktes. +
- e) Der Antrag auf Zulassung beim Institut für Bautechnik ist gestellt. +
- f) Von der Firma Eberhard Wornien wird ausschließlich Alt-Polystyrol zur Herstellung der o. g. Produkte verwendet. Der Jahresbedarf an Alt-Polystyrol zur Herstellung der Produkte ist in der Einführungsphase schwer abzuschätzen. Er wird nach Herstellerangaben mit etwa 10.000 m³ angenommen. +
- g) Die Dauer der bereits praktizierten Verwertung ist kein Kriterium. +
- h) Der Antrag auf Zulassung beim Institut für Bautechnik ist gestellt. Gegenwärtig liegen den Autoren nur Untersuchungsergebnisse/Prüfzeugnisse aus Österreich vor. (+)
Auslaugversuche wurden noch nicht durchgeführt.
- i) Ein erneutes Recyclen der Putze ist nach Aussage des Herstellers (interne Versuche) möglich. Das zementgebundene Polystyrol-Material kann regranuliert und erneut eingesetzt werden. Die infolge der Aufbereitung rauhe Oberfläche des Polystyrols ist dabei unproblematisch, da das alte Bindemittel nicht ausgesondert, sondern gleichfalls in den Kreislauf zurückgeführt wird. +

Abschließende Bewertung

Von der Firma Eberhard Wornien werden ein Kalk-Zement-Leichtgrundputz sowie Estrichschüttungen hergestellt, die zum überwiegenden Anteil (> 95 Vol.-% bezogen auf die Gesamtmenge) aus recyceltem Alt-Polystyrol bestehen. Es wird ausschließlich Alt-Polystyrol, Verpackungsabfälle und Abfälle von Dämmaterial, eingesetzt. Der Jahresbedarf an Alt-Polystyrol zur Herstellung der Produkte ist in der Einführungsphase schwer abzuschätzen. Er wird nach Herstellerangaben mit etwa 10.000 m³ angenommen.

Wie interne Versuche der Fa. Wornien bestätigt haben, kann das gesamte Alt-Polystyrol auch bei Abriß von Gebäuden oder Bauteilen wiederverwendet werden. Das zementgebundene Polystyrol-Material kann regranuliert und erneut eingesetzt werden. Die infolge der Aufbereitung rauhe Oberfläche des Polystyrols ist dabei unproblematisch, da das alte Bindemittel nicht ausgesondert, sondern gleichfalls in den Kreislauf zurückgeführt wird.

Nach Herstellerangaben besitzt das Regranulat gegenüber Neu-EPS verschiedene Vorteile: das aufbereitete Alt-Polystyrol hat bereits den Schrumpfungsprozeß (> 90 d Lagerung) durchlaufen, die rauhe, schuppige Oberfläche des Alt-Polystyrol verbessert die Haftung von Bindemittel und Aktitiven und verhindert das Entmischen beim Transport und Mischen.

Der Antrag auf Zulassung beim Institut für Bautechnik ist gestellt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen nur Untersuchungsergebnisse/Prüfzeugnisse aus Österreich vor.

Aus technischer Sicht ist diese Art der Verwertung in jedem Fall als hochwertig anzusehen. Gesamtökologisch wäre zur Beurteilung der Auswirkungen der Verwendung des Alt-Polystyrols die Ermittlung des „kumulierten Energieaufwandes der Herstellung (KEA_H)“ notwendig. Die Verwertung des Alt-Polystyrols trägt pauschal zur Rohstoffschonung und zur Vermeidung von Abfällen bei.

Aus der Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes (relevant bei einer späteren Entsorgung) sollte eine regelmäßige Überprüfung nach den Technischen Regel „Bauschutt“ der LAGA /75/ stattfinden.

Das Umweltzeichen könnte für solche Kalk-Zement-Leichtgrundputze sowie Estrichschüttungen vergeben werden, die als Zuschlag ausschließlich Alt-Polystyrol (≥ 80 Vol.-% bezogen auf den Zuschlaggehalt) enthalten und wenn ein entsprechender Nachweis bzgl. des Energieeinsatzes durch Aufbereitung, ggf. Bindemittelmehreinsatz und notwendige Transporte erbracht wurde. Schließlich steht die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Deutschland noch aus.

8.3 Beton nach DIN 1045

Unter Berücksichtigung der gültigen technischen Regeln, bestehender allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen und praktischer Erfahrungen ergeben sich für den Baustoff Beton nach DIN 1045 die folgenden Möglichkeiten des Einsatzes von Abfällen zur Verwertung bzw. Sekundärrohstoffe (vgl. auch Abschnitt 5 „Produktrecherchen“).

Maximal

Maximale Einsatzmengen für Abfälle zur Verwertung / Sekundärrohstoffe in Beton nach DIN 1045 ergeben sich an der unteren Grenze der Anforderungen der Norm. Die folgende Betrachtung ist z. Zt. theoretischer Natur, d. h. die vorgestellte Materialkombination wurde nach Kenntnis der Autoren noch nicht eingesetzt. Sie wäre aber unter Berücksichtigung der gültigen technischen Regeln, bestehender allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen und praktischer Erfahrungen technisch realisierbar⁹:

Für Beton nach DIN 1045 für erdberührte, frostfreie Gründungsbauteile kann ein allgemein bauaufsichtlich zugelassener Hochofenzement CEM III/C 32,5-GB mit einem Hüttensandgehalt von rd. 90 M.-% eingesetzt werden. Auf diesem Wege werden, bezogen auf den Bindemittelanteil, 90 M.-% Bindemittel durch den Sekundärrohstoff Hüttensand ersetzt. Bezogen auf einen m^3 Beton entspricht das einem Anteil von rd. 10 M.-% (= 8 Vol.-%) HÜS. 50 Vol.-% des Zuschlags können durch den rezyklierten Zuschlag Z-3.43-1203 ersetzt werden. Dies ent-

⁹ Diese Darstellung soll zeigen, welche Betone nach den o. g. Kriterien „Anrecht“ auf ein Umweltzeichen hätten.

spricht rd. 35 Vol.-% bzw. rd. 39 M. %. Damit enthielte dieser Beton (1m^3 verdichteter Festbeton) rd. 50 M.-% bzw. rd. 42 Vol.-% Sekundärrohstoffe. Bezieht man die Werte nur auf die Feststoffkomponenten, so ergibt sich ein Sekundärrohstoffanteil von rd. 55 M.-%.

Füllt man darüber hinaus den Stoffraum im Austausch gegen Zuschlag mit SFA auf, so ergeben sich bei sinnvoller Annahme für den maximalen Mehlkorngesamt bei Bezug auf die Feststoffkomponenten in 1 m^3 Festbeton ein Sekundärrohstoffanteil von rd. 61 M.-%.

Minimal

Minimale Einsatzmengen für Abfälle zur Verwertung / Sekundärrohstoffe in Beton nach DIN 1045 ergeben sich aus entsprechend hohen Anforderungen der Norm. Ein Beton mit hohem Frost-Tausalzstand kann mit einem Zement CEM III/B mit 50 M.-% HÜS hergestellt werden. Auf diesem Wege werden, bezogen auf den Bindemittelanteil, 50 M.-% Bindemittel aus Primärrohstoff (Portlandzementklinker) durch den Sekundärrohstoff Hüttensand ersetzt. Bezogen auf einen m^3 Beton entspricht das einem Anteil von rd. 8 M.-% (= 7,5 Vol.-%) HÜS. Die Möglichkeit des Einsatzes von rezyklierten Zuschlägen besteht hier nicht. Bezieht man den Wert nur auf die Feststoffkomponenten, so ergibt sich ein Sekundärrohstoffanteil von rd. 9 M.-%.

Füllt man darüber hinaus den Stoffraum im Austausch gegen Zuschlag mit SFA auf, so ergeben sich bei sinnvoller Annahme für den maximalen Mehlkorngesamt rd. 11 M.-% Sekundärrohstoffe (HÜS), bezogen auf die Feststoffkomponenten.

Regelfall¹⁰

Ein Beton B 25 für Außenbauteile könnte mit einem Zement CEM III/B mit 80 M.-% HÜS hergestellt werden. Auf diesem Wege werden, bezogen auf den Bindemittelanteil, 80 M.-% Bindemittel aus Primärrohstoff (Portlandzementklinker) durch den Sekundärrohstoff Hüttensand ersetzt. Bezogen auf einen m³ Beton entspricht das einem Anteil von rd. 13 M.-% (= 12 Vol.-%) HÜS. Bei Annahme einer Sieblinie A/B 16 könnte die Korngruppe ≤ 2 mm vollständig (rd. 32 Vol.-%) durch den rezyklierten Zuschlag Zul.-Nr. Z-3.43-1203 ersetzt werden. Zusätzlich könnten in der Korngruppe 2/16 mm nach der Richtlinie des DAfStb /24/ 20 Vol.-% Betonsplitt eingesetzt werden. Insgesamt würden damit rd. 52 Vol.-% des Zuschlags durch Sekundärrohstoffe ersetzt. Damit enthält der Beton (1 m³ verdichteter Festbeton) bei Bezug auf die Feststoffkomponenten einen Sekundärrohstoffanteil von rd. 48 Vol.-%.

Alle weiteren Einsatzmöglichkeiten von Abfällen zur Verwertung/ Sekundärrohstoffen im Rahmen der DIN 1045 liegen zwischen den o. g. Maximal- und Minimalmengen.

Nach dem in Abschnitt 6 vorgeschlagenen Bewertungsraster würden die unter „Maximal“ und „Regelfall“ beschriebenen Betone ein Umweltzeichen erhalten.

Darüber hinaus würden auch solche Betone ein Umweltzeichen erhalten, die gemäß Tabelle 8 100 % der in den Stoffgruppen „Bindemittelkomponente“ **und** „Zusatzstoff“ maximal gemeinsam einsetzbaren Mengen sekundärer Rohstoffe enthalten. Dies wäre ein Beton, der mit einem Hochofenzement CEM III/B mit bis zu 70 M.-% Hüttensand sowie Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff hergestellt wird (vgl. /25/).

10 Der Transportbetonabsatz in 1996 betrug 64,6 Mio. m³. Davon entfielen 62,6 % auf Beton der Festigkeitsklasse B25, 15,5 % auf Beton der Festigkeitsklasse B35 /21/. Aus Gesprächen mit Vertretern der Transportbetonindustrie ist bekannt, daß in den Werken im Hinblick auf den verwendeten Zuschlag aus logistischen Gründen i. d. R. keine Unterscheidung zwischen Betonen für Innen- und Außenbauteile sowie Beton mit hohem Frost-Widerstand bzw. hohem Frost-Tausalz-Widerstand vorgenommen wird (die verwendeten Zuschläge erfüllen i. d. R. die Anforderung „eF“ nach DIN 4226-1). Als „Regelfall“ wird daher hier Beton B25 für Außenbauteile angesehen.

9 ENTWÜRFE DER PRODUKTSPEZIFISCHEN VERGABE-GRUNDLAGEN

9.1 Allgemeines

Für die Produktgruppen Betonwaren, Baukeramik, hydrothermal gehärtete Baustoffe sowie Mörtel/Putz/Estrich wurden Entwürfe für Vergabegrundlagen erarbeitet. Dabei wurde der prinzipielle Aufbau der Vergabegrundlagen bestehender Umweltzeichen (Bsp.: Baustoffe aus Altglas, RAL-UZ-49 /92/) berücksichtigt.

9.2 Betonwaren unter Verwendung sekundärer Rohstoffe

RAL-UZ ...

Einführung

...

Geltungsbereich

Zu Betonwaren im Sinne dieser Vergabegrundlagen zählen die folgenden Bauprodukte:

- Gehwegplatten,
- Pflastersteine,
- Bordsteine,
- Betonwerkstein,
- Betonrohre,
- Betondachsteine,
- Mauer- und Formsteine aus Normal- und Leichtbeton.
- „Nicht genormte Betonprodukte“ gemäß der Richtlinie des Bundes Güteschutz Beton- und Stahlbetonfertigteile e. V. (BGB).

Anforderungen

Mit dem abgebildeten Umweltzeichen können die oben genannten Produkte gekennzeichnet werden, sofern diese den folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Die o. g. Bauprodukte müssen mindestens die in Tabelle A aufgeführten Mengen an Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe enthalten. Bei Verwendung eines Sekundärrohstoffes als Zuschlag in Betonwaren muß der Anteil am Zuschlagvolumen mindestens 80 % betragen. Dabei ist der Nachweis zu erbringen, daß durch den Einsatz der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe der zur Herstellung des Bauproduktes notwendige kumulierte Energieaufwand der Herstellung (KEA_H) im Vergleich zu einem gleichwertigen Bauprodukt unter Verwendung natürlicher Ausgangsstoffe höchstens 10 % größer ist. Bei der Ermittlung des KEA_H sind Aufwendungen für die Aufbereitung und den Transport der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe zu erfassen. Der Nachweis ist unter Bezug aller Werte auf die jeweilige Produkteinheit zu erbringen. Im Hinblick auf die sonstigen Randbedingungen bei der Ermittlung des KEA_H (Systemgrenzen etc.) wird auf /22, 66, 96/ verwiesen. Die Erhebung und Zusammenstellung der notwendigen Daten kann durch den Antragsteller erfolgen. Die Bewertung ist durch einen von der Deutschen Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH¹¹ zugelassenen Fachgutachter vorzunehmen.

¹¹ DAU – Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH, Adenauerallee 148, 53113 Bonn; Tel.: 0228 / 104-560; Fax: 0228 / 104-564

Tabelle A: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Betonwaren“¹⁾

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ²⁾	Nachweis KEA _H ³⁾	Umweltzeichen ?
	M.-%		V.-% ⁴⁾		
1	2	3	4	5	6
1	-	-	≥ 80	ja	ja
2	-	-	≥ 80	nein	nein

1) Betonwaren gemäß Abschnitt 5.2.2

2) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes

3) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

4) bezogen auf den Zuschlaggehalt

2. Die Produkte dürfen keine Stoffe¹² enthalten, die

- 2.1 in Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG¹³ bzw. in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen¹⁴ nach § 4a Abs. 1 GefStoffV¹⁵ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4 a Abs. 3 GefStoffV eingestuft und mit den Gefährlichkeitsmerkmalen/Gefahrensymbolen und Kennbuchstaben „sehr giftig“ (T+), „giftig“ (T), „krebserzeugend“, „erbgutverändernd“, „fortpflanzungsgefährdend“ bzw. „umweltgefährlich“ (N) gekennzeichnet werden müssen;
- 2.2 in der TRGS 905¹⁶ oder in der MAK-Liste¹⁷ in ihrer jeweils gültigen Fassung als

12 Stoffbegriff im Sinne von § 3 Nr. 1 bzw. Nr. 4 der Bekanntmachung der Neufassung des ChemG v. 25.07.1994

13 Abl EG/veröffentlicht durch das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesanzeiger (fortlaufend)

14 Bekanntmachung der Liste der Gefährlichen Stoffe und Zubereitungen nach § 4a der GefStoffV (16.09.1993)

15 Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmaleverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz (v. 26.10.1993)

16 Neufassung der TRGS 905 – „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (Ausgabe April 1995)

17 MAK- und BAT-Werte-Liste, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 32 (1996)

- a) krebserzeugend nach EG-Kategorie Carc. Cat. 1, Carc. Cat. 2 oder Carc. Cat. 3 oder nach MAK-Einstufung IIIA1, als ob IIIA2 oder IIIB;
 - b) ergutverändernd nach EG-Kategorie Mut. Cat. 1, Mut. Cat. 2 oder Mut. Cat. 3 oder M1, M2 oder M3;
 - c) fortpflanzungsgefährdend nach EG-Kategorie Repr. Cat. 1, Repr. Cat. 2 oder Repr. Cat 3 oder R_{E/F} 1, R_{E/F} 2 oder R_{E/F} 3 eingestuft sind;
- 2.3 oder die nach wissenschaftlicher Erkenntnis einer der in Ziffer 2.1 aufgeführten Kategorien als krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd zugeordnet werden müssen oder die sensibilisierende oder sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen oder die selbst oder deren Verunreinigungen oder Zersetzungsprodukte geeignet sind, erhebliche Gefahren oder erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit herbeizuführen.
- 2.4 Ausnahme:
- Produktionsbedingte Verunreinigungen an Stoffen nach Ziffer 2.1 und 2.2 dürfen 0,01 Gew.-% im Vorprodukt nicht überschreiten.
- Unabhängig davon sind krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe nach dem Stand der Technik zu minimieren.
3. Darüber hinaus dürfen Stoffe oder Zubereitungen¹², die in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen¹⁴ nach § 4a Abs. 1 GefStoffV¹⁵ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4a Abs. 3 GefStoffV:
- 3.1 als „mindergiftig“ (Xn), „reizend“ (Xi), „ätzend“ (C) eingestuft oder gekennzeichnet sind, nur bis zu einem Maximalgehalt von 50,0 Gew.-% der nach Anhang II Nr. 1 GefStoffV berechneten Grenzkonzentration im Produkt enthalten sein;
 - 3.2 aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften eingestuft sind, nur bis zu einem Höchstanteil im Produkt enthalten sein, der eine Gefahrenkennzeichnung nach Anhang II GefStoffV¹⁵ mit einem Symbol nach Anhang I Nr. 2 GefStoffV oder mit den R-Sätzen nach Anhang I Nr. 3 GefStoffV nicht notwendig macht.
- Sollten Stoffe mit einem Gehalt > 0,1 Gew.-% Anteil in den Produkten gemäß Geltungsbereich enthalten sein, die nicht in der Bekanntmachung nach § 4a Abs. 1 GefStoffV aufgeführt werden, sind diese entsprechend § 4a Abs. 3 GefStoffV einzustufen.

Darüber hinaus gilt:

- Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um einen Zuschlagstoff, der eine oder mehrere der in Anlage A aufgeführten technischen Regeln erfüllt, so gilt der Nachweis, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt, als erbracht.
 - Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um einen Zuschlagstoff, der in den Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln der LAGA /75/ behandelt wird und nicht einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen zuzuordnen ist, so ist das Material gemäß /75/ in der zum Einsatz kommenden Korngröße zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 nach /75/ für das betreffende Material eingehalten werden.
 - Stoffe, die als Bindemittelkomponenten und/oder Zusatzstoff eingesetzt werden sollen, erfüllen die Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt gemäß Bauproduktengesetz, wenn sie einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen entsprechen oder durch das Deutsche Institut für Bautechnik allgemein bauaufsichtlich zugelassen wurden.
 - Soll ein Abfall zur Verwertung bzw. sekundärer Rohstoff eingesetzt werden, auf den keines der zuvor genannten Kriterien zutrifft, so ist durch einen entsprechenden Fachgutachter der Nachweis zu erbringen, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt.
4. Die Produkte gemäß Geltungsbereich müssen den bauaufsichtlichen Anforderungen entsprechen. Der Nachweis der technischen Eignung der Recyclingbauprodukte für den vorgesehenen Anwendungsbereich ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung /11/ bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

5. Der Nachweis einer gefahrlosen Einspeisung des Bauproduktes in den Stoffkreislauf ohne eine unzulässige Schadstoffanreicherung ist nach den Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall /75/ für mineralische Reststoffe und Abfälle aus dem Baubereich, Altlasten und Schadensfällen, Abschnitt 1.4 (Bauschutt) /75/ zu erbringen. Dazu ist das Bauprodukt mechanisch zu zerkleinern und der durch Klassierung (Siebung) gewonnene Anteil < 2 mm ist nach den Technischen Regeln zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der Tabellen II.1.4-5 und II.1.4-6 nach /75/ eingehalten werden. Der Nachweis ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

ANLAGE A:

TECHNISCHE REGELWERKE

Zuschläge:

- DIN 4226 /39/
- DIN 4226-100¹⁸
- Richtlinie „Beton mit rezykliertem Zuschlag“ des Deutschen Ausschuß für Stahlbeton
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

¹⁸ Die DIN 4226-100 wird zur Zeit erarbeitet. Dort werden zukünftig rezyklierte Gesteinskörnungen behandelt.

9.3 Baukeramik unter Verwendung sekundärer Rohstoffe

RAL-UZ ...

Einführung

...

Geltungsbereich

Zur Baukeramik im Sinne dieser Vergabegrundlagen zählen die folgenden Bauprodukte:

Mauerziegel

- Vollziegel und Hochlochziegel
- Leichthochlochziegel
- Hochfeste Ziegel und hochfeste Klinker
- Keramikklinker
- Leichtlanglochziegel und Leichtlangloch-Ziegelplatten

Ziegeleiprodukte und Klinker

- Schornsteinziegel
- Schallschluckende Ziegel
- Ziegel für Decken und Wandtafeln
- Tonhohlplatten und Hohlziegel
- Dachziegel
- Steinzeugwaren (-rohre und -formstücke)
- Keramische Fliesen und Platten
- Stranggepreßte Fliesen und Platten
- Trockengepreßte Fliesen und Platten
- Bodenklinkerplatten
- Keramische Spaltplatten und -Formteile

Anforderungen

Mit dem abgebildeten Umweltzeichen können die oben genannten Produkte gekennzeichnet werden, sofern diese den folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Die o. g. Bauprodukte müssen mindestens die in Tabelle B aufgeführten Mengen an Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe enthalten. Der Anteil des sekundären Rohstoffes (als Tonkomponente und Magerungsmittel) an der Masse muß mindestens 50 M.-% betragen. Bei Austausch der Wirkstoffe (Porosierungsmittel, etc.) ist ein 100 %-iger Austausch vorzusehen. Dabei ist der Nachweis zu erbringen, daß durch den Einsatz der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe der zur Herstellung des Bauproduktes notwendige kumulierte Energieaufwand der Herstellung (KEA_H) im Vergleich zu einem gleichwertigen Bauprodukt unter Verwendung natürlicher Ausgangsstoffe höchstens 10 % größer ist. Bei der Ermittlung des KEA_H sind Aufwendungen für die Aufbereitung und den Transport der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe zu erfassen. Der Nachweis ist unter Bezug aller Werte auf die jeweilige Produkteinheit zu erbringen. Im Hinblick auf die sonstigen Randbedingungen bei der Ermittlung des KEA_H (Systemgrenzen etc.) wird auf /22, 66, 96/ verwiesen. Die Erhebung und Zusammenstellung der notwendigen Daten kann durch den Antragsteller erfolgen. Die Bewertung ist durch einen von der Deutschen Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH¹⁹ zugelassenen Fachgutachter vorzunehmen.

¹⁹ DAU – Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH, Adenauerallee 148, 53113 Bonn; Tel.: 0228 / 104-560; Fax: 0228 / 104-564

Tabelle B: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Keramik“

Lfd. Nr.	Tonkomponente/ Magerungsmittel	Wirkstoff	Nachweis KEA _H ¹⁾	Umwelt- zeichen
	[M.-%] ²⁾	M.-%/V.-% ³⁾		?
1		4	5	6
1	> 50	-	ja	ja
2	-	100	ja	ja

1) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

2) bezogen auf den Anteil an der keramischen Rohmasse

3) bezogen auf den Wirkstoffgehalt

2. Die Produkte dürfen keine Stoffe²⁰ enthalten, die

2.1 in Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG²¹ bzw. in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen²² nach § 4a Abs. 1 GefStoffV²³ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4 a Abs. 3 GefStoffV eingestuft und mit den Gefährlichkeitsmerkmalen/Gefahrensymbolen und Kennbuchstaben „sehr giftig“ (T+), „giftig“ (T), „krebserzeugend“, „erbgutverändernd“, „fortpflanzungsgefährdend“ bzw. „umweltgefährlich“ (N) gekennzeichnet werden müssen;

2.2 in der TRGS 905²⁴ oder in der MAK-Liste²⁵ in ihrer jeweils gültigen Fassung als

a) krebserzeugend nach EG-Kategorie Carc. Cat. 1, Carc. Cat. 2 oder Carc. Cat. 3 oder nach MAK-Einstufung IIIA1, als ob IIIA2 oder IIIB;

b) ergutverändernd nach EG-Kategorie Mut. Cat. 1, Mut. Cat. 2 oder Mut. Cat. 3 oder M1, M2 oder M3;

20 Stoffbegriff im Sinne von § 3 Nr. 1 bzw. Nr. 4 der Bekanntmachung der Neufassung des ChemG v. 25.07.1994

21 Abl EG/veröffentlicht durch das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesanzeiger (fortlaufend)

22 Bekanntmachung der Liste der Gefährlichen Stoffe und Zubereitungen nach § 4a der GefStoffV (16.09.1993)

23 Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmalverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz (v. 26.10.1993)

24 Neufassung der TRGS 905 – „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (Ausgabe April 1995)

25 MAK- und BAT-Werte-Liste, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 32 (1996)

- c) fortpflanzungsgefährdend nach EG-Kategorie Repr. Cat. 1, Repr. Cat. 2 oder Repr. Cat 3 oder R_{E/F} 1, R_{E/F} 2 oder R_{E/F} 3 eingestuft sind;
- 2.3 oder die nach wissenschaftlicher Erkenntnis einer der in Ziffer 2.1 aufgeführten Kategorien als krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd zugeordnet werden müssen oder die sensibilisierende oder sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen oder die selbst oder deren Verunreinigungen oder Zersetzungsprodukte geeignet sind, erhebliche Gefahren oder erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit herbeizuführen.
- 2.4 Ausnahme:
Produktionsbedingte Verunreinigungen an Stoffen nach Ziffer 2.1 und 2.2 dürfen 0,01 Gew.-% im Vorprodukt nicht überschreiten.
Unabhängig davon sind krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe nach dem Stand der Technik zu minimieren.
3. Darüber hinaus dürfen Stoffe oder Zubereitungen²⁰, die in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen²² nach § 4a Abs. 1 GefStoffV²³ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4a Abs. 3 GefStoffV:
- 3.1 als „mindergiftig“ (Xn), „reizend“ (Xi), „ätzend“ (C) eingestuft oder gekennzeichnet sind, nur bis zu einem Maximalgehalt von 50,0 Gew.-% der nach Anhang II Nr. 1 GefStoffV berechneten Grenzkonzentration im Produkt enthalten sein;
- 3.2 aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften eingestuft sind, nur bis zu einem Höchstanteil im Produkt enthalten sein, der eine Gefahrenkennzeichnung nach Anhang II GefStoffV²³ mit einem Symbol nach Anhang I Nr. 2 GefStoffV oder mit den R-Sätzen nach Anhang I Nr. 3 GefStoffV nicht notwendig macht.
- Sollten Stoffe mit einem Gehalt > 0,1 Gew.-% Anteil in den Produkten gemäß Geltungsbereich enthalten sein, die nicht in der Bekanntmachung nach § 4a Abs. 1 GefStoffV aufgeführt werden, sind diese entsprechend § 4a Abs. 3 GefStoffV einzustufen.

Darüber hinaus gilt:

- Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um ein Material, das als Zuschlag oder Zusatzstoff eine oder mehrere der in

Anlage A aufgeführten technischen Regeln erfüllt, so gilt der Nachweis, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt, als erbracht.

- Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um ein Material, das in den Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln der LAGA /75/ behandelt wird und als Zuschlag oder Zusatzstoff nicht einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen zuzuordnen ist, so ist das Material gemäß /75/ in der zum Einsatz kommenden Korngröße zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 nach /75/ für das betreffende Material eingehalten werden.
 - Stoffe, die als Tonkomponente und Magerungsmittel bzw. als Wirkstoff eingesetzt werden sollen, erfüllen die Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt gemäß Bauproduktengesetz, wenn sie einer der in Anlage A als Zuschlag oder Zusatzstoff aufgeführten technischen Regelungen entsprechen oder durch das Deutsche Institut für Bautechnik allgemein bauaufsichtlich zugelassen wurden.
 - Soll ein Abfall zur Verwertung bzw. sekundärer Rohstoff eingesetzt werden, auf den keines der zuvor genannten Kriterien zutrifft, so ist durch einen entsprechenden Fachgutachter der Nachweis zu erbringen, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt.
4. Die Produkte gemäß Geltungsbereich müssen den baufsichtlichen Anforderungen entsprechen. Der Nachweis der technischen Eignung der Recyclingbauprodukte für den vorgesehenen Anwendungsbereich ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung /11/ bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.
5. Der Nachweis einer gefahrlosen Einspeisung des Bauproduktes in den Stoffkreislauf ohne eine unzulässige Schadstoffanreicherung ist nach den Techni-

schen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall /75/ für mineralische Reststoffe und Abfälle aus dem Baubereich, Altlasten und Schadensfällen, Abschnitt 1.4 (Bauschutt) /75/ zu erbringen. Dazu ist das Bauprodukt mechanisch zu zerkleinern und der durch Klassierung (Siebung) gewonnene Anteil $< 2 \text{ mm}$ ist nach den Technischen Regeln zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der Tabellen II.1.4-5 und II.1.4-6 nach /75/ eingehalten werden. Der Nachweis ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

ANLAGE A:

TECHNISCHE REGELWERKE

Zusatzstoffe:

- EN 450 /48/
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

Zuschläge:

- DIN 4226 /39/
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

9.4 Hydrothermal gehärtete Baustoffe unter Verwendung sekundärer Rohstoffe

RAL-UZ ...

Einführung

...

Geltungsbereich

Zu den hydrothermal gehärteten Baustoffen im Sinne dieser Vergabegrundlagen zählen die folgenden Bauprodukte:

Kalksandsteine

- Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine
- Vormauersteine, Verblender

Porenbeton

- Porenbeton-Blocksteine und Porenbeton-Plansteine
- Porenbeton-Bauplatten und Porenbeton-Planbauplatten

Anforderungen

Mit dem abgebildeten Umweltzeichen können die oben genannten Produkte gekennzeichnet werden, sofern diese den folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Die o. g. Bauprodukte müssen mindestens die in Tabelle C aufgeführten Mengen an Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe enthalten. Bei alleinigem Austausch des Zuschlagstoffes müssen mindestens 80 % durch einen sekundären Rohstoff ausgetauscht werden. Bei teilweisem Ersatz sowohl der Bindemittelkomponente als auch des Zuschlagstoffes sind mindestens 50 M.-% bezogen auf beide Komponenten auszutauschen. In beiden Fällen ist der Nachweis zu erbringen, daß der notwendige Bindemittelanteil nicht wesentlich erhöht wird, und daß durch den Einsatz der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe der zur Herstellung des Bauproduktes notwendige kumulierte Energieaufwand der Herstellung (KEA_H) im Vergleich zu einem gleichwertigen Bauprodukt unter Verwendung natürlicher Ausgangsstoffe höchstens 10 % größer ist. Bei der Ermittlung des KEA_H sind Aufwendungen für die Aufbereitung und den Transport der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe zu erfassen. Der Nachweis ist unter Bezug aller Werte auf die jeweilige Produkteinheit zu erbringen. Im Hinblick auf die sonstigen Randbedingungen bei der Ermittlung des KEA_H (Systemgrenzen etc.) wird auf /22, 66, 96/ verwiesen. Die Erhebung und Zusammen-

stellung der notwendigen Daten kann durch den Antragsteller erfolgen. Die Bewertung ist durch einen von der Deutschen Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH²⁶ zugelassenen Fachgutachter vorzunehmen.

Tabelle C: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Hydrothermal gehärtete Baustoffe“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zuschlagstoff	Zusatzstoff	Nachweis KEA _H ¹⁾	Umweltzeichen ?
	M.-% ²⁾	M.-% ³⁾	M.-%/V.-% ⁴⁾		
1	2	3	4	5	6
1	≥ 50	≥ 50	-	ja	ja
2	-	≥ 80	-	ja	ja

1) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

2) bezogen auf den Bindemittelgehalt + reaktiver Zusatzstoffe

3) bezogen auf den Zuschlaggehalt

4) bezogen auf den Zusatzstoffgehalt

2. Die Produkte dürfen keine Stoffe²⁷ enthalten, die

2.1 in Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG²⁸ bzw. in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen²⁹ nach § 4a Abs. 1 GefStoffV³⁰ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4 a Abs. 3 GefStoffV eingestuft und mit den Gefährlichkeitsmerkmalen/Gefahrensymbolen und Kennbuchstaben „sehr giftig“ (T+), „giftig“ (T), „krebserzeugend“, „erbgutverändernd“, „fortpflanzungsgefährdend“ bzw. „umweltgefährlich“ (N) gekennzeichnet werden müssen;

26 DAU – Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH, Adenauerallee 148, 53113 Bonn; Tel.: 0228 / 104-560; Fax: 0228 / 104-564

27 Stoffbegriff im Sinne von § 3 Nr. 1 bzw. Nr. 4 der Bekanntmachung der Neufassung des ChemG v. 25.07.1994

28 Abl EG/veröffentlicht durch das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesanzeiger (fortlaufend)

29 Bekanntmachung der Liste der Gefährlichen Stoffe und Zubereitungen nach § 4a der GefStoffV (16.09.1993)

30 Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmalverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz (v. 26.10.1993)

- 2.2 in der TRGS 905³¹ oder in der MAK-Liste³² in ihrer jeweils gültigen Fassung als
- a) krebserzeugend nach EG-Kategorie Carc. Cat. 1, Carc. Cat. 2 oder Carc. Cat. 3 oder nach MAK-Einstufung IIIA1, als ob IIIA2 oder IIIB;
 - b) ergutverändernd nach EG-Kategorie Mut. Cat. 1, Mut. Cat. 2 oder Mut. Cat. 3 oder M1, M2 oder M3;
 - c) fortpflanzungsgefährdend nach EG-Kategorie Repr. Cat. 1, Repr. Cat. 2 oder Repr. Cat 3 oder R_{E/F} 1, R_{E/F} 2 oder R_{E/F} 3 eingestuft sind;
- 2.3 oder die nach wissenschaftlicher Erkenntnis einer der in Ziffer 2.1 aufgeführten Kategorien als krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd zugeordnet werden müssen oder die sensibilisierende oder sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen oder die selbst oder deren Verunreinigungen oder Zersetzungsprodukte geeignet sind, erhebliche Gefahren oder erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit herbeizuführen.
- 2.4 Ausnahme:
- Produktionsbedingte Verunreinigungen an Stoffen nach Ziffer 2.1 und 2.2 dürfen 0,01 Gew.-% im Vorprodukt nicht überschreiten.
- Unabhängig davon sind krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe nach dem Stand der Technik zu minimieren.
3. Darüber hinaus dürfen Stoffe oder Zubereitungen²⁸, die in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen³⁰ nach § 4a Ab. 1 GefStoffV³¹ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4a Abs. 3 GefStoffV:
- 3.1 als „mindergiftig“ (Xn), „reizend“ (Xi), „ätzend“ (C) eingestuft oder gekennzeichnet sind, nur bis zu einem Maximalgehalt von 50,0 Gew.-% der nach Anhang II Nr. 1 GefStoffV berechneten Grenzkonzentration im Produkt enthalten sein;
 - 3.2 aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften eingestuft sind, nur bis zu einem Höchstanteil im Produkt enthalten sein, der eine Gefahrenkennzeichnung nach Anhang II GefStoffV³¹ mit einem Symbol nach Anhang I Nr. 2 GefStoffV oder mit den R-Sätzen nach Anhang I Nr. 3 GefStoffV nicht notwendig macht.

31 Neufassung der TRGS 905 – „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (Ausgabe April 1995)

32 MAK- und BAT-Werte-Liste, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 32 (1996)

Sollten Stoffe mit einem Gehalt $> 0,1$ Gew.-% Anteil in den Produkten gemäß Geltungsbereich enthalten sein, die nicht in der Bekanntmachung nach § 4a Abs. 1 GefStoffV aufgeführt werden, sind diese entsprechend § 4a Abs. 3 GefStoffV einzustufen.

Darüber hinaus gilt:

- Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um einen Zuschlagstoff, der eine oder mehrere der in Anlage A aufgeführten technischen Regeln erfüllt, so gilt der Nachweis, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt, als erbracht.
- Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um einen Zuschlagstoff, der in den Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln der LAGA /75/ behandelt wird und nicht einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen zuzuordnen ist, so ist das Material gemäß /75/ in der zum Einsatz kommenden Korngröße zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 nach /75/ für das betreffende Material eingehalten werden.
- Stoffe, die als Bindemittelkomponenten und/oder Zusatzstoff eingesetzt werden sollen, erfüllen die Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt gemäß Bauproduktengesetz, wenn sie einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen entsprechen oder durch das Deutsche Institut für Bautechnik allgemein bauaufsichtlich zugelassen wurden.
- Soll ein Abfall zur Verwertung bzw. sekundärer Rohstoff eingesetzt werden, auf den keines der zuvor genannten Kriterien zutrifft, so ist durch einen entsprechenden Fachgutachter der Nachweis zu erbringen, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt.

4. Die Produkte gemäß Geltungsbereich müssen den bauaufsichtlichen Anforderungen entsprechen. Der Nachweis der technischen Eignung der Recyclingbauprodukte für den vorgesehenen Anwendungsbereich ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung /11/ bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.
5. Der Nachweis einer gefahrlosen Einspeisung des Bauproduktes in den Stoffkreislauf ohne eine unzulässige Schadstoffanreicherung ist nach den Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall /75/ für mineralische Reststoffe und Abfälle aus dem Baubereich, Altlasten und Schadensfällen, Abschnitt 1.4 (Bauschutt) /75/ zu erbringen. Dazu ist das Bauprodukt mechanisch zu zerkleinern und der durch Klassierung (Siebung) gewonnene Anteil < 2 mm ist nach den Technischen Regeln zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der Tabellen II.1.4-5 und II.1.4-6 nach /75/ eingehalten werden. Der Nachweis ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

ANLAGE A:

TECHNISCHE REGELWERKE

Bindemittel:

- DIN EN 459 /49/
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

Zusatzstoffe:

- EN 450 /48/
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

Zuschläge:

- DIN 4226 /39/

- DIN 4226-100³³
- Richtlinie „Beton mit rezykliertem Zuschlag“ des Deutschen Ausschuß für Stahlbeton
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

9.5 Mörtel/Putz/Estrich unter Verwendung sekundärer Rohstoffe

RAL-UZ ...

Einführung

...

Geltungsbereich

Zu den Mörteln, Putzen und Estrichen im Sinne dieser Vergabegrundlagen zählen die folgenden Bauprodukte:

- Normalmörtel,
- Leichtmörtel,
- Dünnbettmörtel,
- Normalputz,
- Leichtputz,
- Wärmedämmputz,
- Estrich.

Anforderungen

Mit dem abgebildeten Umweltzeichen können die oben genannten Produkte gekennzeichnet werden, sofern diese den folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Die o. g. Bauprodukte müssen mindestens die in Tabelle D aufgeführten Mengen an Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe enthalten. Bei

³³ Die DIN 4226-100 wird zur Zeit erarbeitet. Dort werden zukünftig rezyklierte Gesteinskörnungen behandelt.

Verwendung eines Sekundärrohstoffes als Zuschlag muß der Anteil am Zuschlagvolumen mindestens 80 % betragen. Dabei ist der Nachweis zu erbringen, daß durch den Einsatz der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe der zur Herstellung des Bauproduktes notwendige kumulierte Energieaufwand der Herstellung (KEA_H) im Vergleich zu einem gleichwertigen Bauprodukt unter Verwendung natürlicher Ausgangsstoffe höchstens 10 % größer ist. Bei der Ermittlung des KEA_H sind Aufwendungen für die Aufbereitung und den Transport der Abfälle zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffe zu erfassen. Der Nachweis ist unter Bezug aller Werte auf die jeweilige Produkteinheit zu erbringen. Im Hinblick auf die sonstigen Randbedingungen bei der Ermittlung des KEA_H (Systemgrenzen etc.) wird auf /22, 66, 96/ verwiesen. Die Erhebung und Zusammenstellung der notwendigen Daten kann durch den Antragsteller erfolgen. Die Bewertung ist durch einen von der Deutschen Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH³⁴ zugelassenen Fachgutachter vorzunehmen.

³⁴ DAU – Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter mbH, Adenauerallee 148, 53113 Bonn; Tel.: 0228 / 104-560; Fax: 0228 / 104-564

Tabelle D: Einsatzmengen von Abfällen zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoffen zur Vergabe eines Umweltzeichens für Recyclingbauprodukte in der Baustoffgruppe „Mörtel/Putz/Estrich“

Lfd. Nr.	Bindemittelkomponente	Zusatzstoff	Zuschlagstoff ¹⁾	Nachweis KEA _H ²⁾	Umweltzeichen ?
	M.-%		V.-% ³⁾		
1	2	3	4	5	6
1	-	-	≥ 80	ja	ja

1) der Austausch von Zuschlagstoffen umfaßt nicht den Einsatz von Produktionsrückständen aus der Produktion des betrachteten Baustoffes

2) „kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_H)“

3) bezogen auf den Zuschlaggehalt

2. Die Produkte dürfen keine Stoffe³⁵ enthalten, die

2.1 in Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG³⁶ bzw. in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen³⁷ nach § 4a Abs. 1 GefStoffV³⁸ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4 a Abs. 3 GefStoffV eingestuft und mit den Gefährlichkeitsmerkmalen/Gefahrensymbolen und Kennbuchstaben „sehr giftig“ (T+), „giftig“ (T), „krebserzeugend“, „erbgutverändernd“, „fortpflanzungsgefährdend“ bzw. „umweltgefährlich“ (N) gekennzeichnet werden müssen;

2.2 in der TRGS 905³⁹ oder in der MAK-Liste⁴⁰ in ihrer jeweils gültigen Fassung als

- a) krebserzeugend nach EG-Kategorie Carc. Cat. 1, Carc. Cat. 2 oder Carc. Cat. 3 oder nach MAK-Einstufung IIIA1, als ob IIIA2 oder IIIB;

35 Stoffbegriff im Sinne von § 3 Nr. 1 bzw. Nr. 4 der Bekanntmachung der Neufassung des ChemG v. 25.07.1994

36 Abl EG/veröffentlicht durch das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesanzeiger (fortlaufend)

37 Bekanntmachung der Liste der Gefährlichen Stoffe und Zubereitungen nach § 4a der GefStoffV (16.09.1993)

38 Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmalverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz (v. 26.10.1993)

39 Neufassung der TRGS 905 – „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (Ausgabe April 1995)

40 MAK- und BAT-Werte-Liste, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 32 (1996)

- b) erbgutverändernd nach EG-Kategorie Mut. Cat. 1, Mut. Cat. 2 oder Mut. Cat. 3 oder M1, M2 oder M3;
 - c) fortpflanzungsgefährdend nach EG-Kategorie Repr. Cat. 1, Repr. Cat. 2 oder Repr. Cat 3 oder R_{E/F} 1, R_{E/F} 2 oder R_{E/F} 3 eingestuft sind;
- 3.1 oder die nach wissenschaftlicher Erkenntnis einer der in Ziffer 2.1 aufgeführten Kategorien als krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd zugeordnet werden müssen oder die sensibilisierende oder sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen oder die selbst oder deren Verunreinigungen oder Zersetzungsprodukte geeignet sind, erhebliche Gefahren oder erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit herbeizuführen.
- 3.2 Ausnahme:
Produktionsbedingte Verunreinigungen an Stoffen nach Ziffer 2.1 und 2.2 dürfen 0,01 Gew.-% im Vorprodukt nicht überschreiten.
Unabhängig davon sind krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe nach dem Stand der Technik zu minimieren.
3. Darüber hinaus dürfen Stoffe oder Zubereitungen³⁶, die in der Bekanntmachung der Liste der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen³⁸ nach § 4a Abs. 1 GefStoffV³⁹ in ihrer jeweils gültigen Fassung aufgeführt bzw. nach § 4a Abs. 3 GefStoffV:
- 3.3 als „mindergiftig“ (Xn), „reizend“ (Xi), „ätzend“ (C) eingestuft oder gekennzeichnet sind, nur bis zu einem Maximalgehalt von 50,0 Gew.-% der nach Anhang II Nr. 1 GefStoffV berechneten Grenzkonzentration im Produkt enthalten sein;
- 3.4 aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften eingestuft sind, nur bis zu einem Höchstanteil im Produkt enthalten sein, der eine Gefahrenkennzeichnung nach Anhang II GefStoffV³⁹ mit einem Symbol nach Anhang I Nr. 2 GefStoffV oder mit den R-Sätzen nach Anhang I Nr. 3 GefStoffV nicht notwendig macht.
- Sollten Stoffe mit einem Gehalt > 0,1 Gew.-% Anteil in den Produkten gemäß Geltungsbereich enthalten sein, die nicht in der Bekanntmachung nach § 4a Abs. 1 GefStoffV aufgeführt werden, sind diese entsprechend § 4a Abs. 3 GefStoffV einzustufen.

Darüber hinaus gilt:

- Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um einen Zuschlagstoff, der eine oder mehrere der in Anlage A aufgeführten technischen Regeln erfüllt, so gilt der Nachweis, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt, als erbracht.
 - Handelt es sich bei dem Abfall zur Verwertung bzw. sekundären Rohstoff um einen Zuschlagstoff, der in den Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln der LAGA /75/ behandelt wird und nicht einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen zuzuordnen ist, so ist das Material gemäß /75/ in der zum Einsatz kommenden Korngröße zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 nach /75/ für das betreffende Material eingehalten werden.
 - Stoffe, die als Bindemittelkomponenten und/oder Zusatzstoff eingesetzt werden sollen, erfüllen die Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt gemäß Bauproduktengesetz, wenn sie einer der in Anlage A aufgeführten technischen Regelungen entsprechen oder durch das Deutsche Institut für Bautechnik allgemein bauaufsichtlich zugelassen wurden.
 - Soll ein Abfall zur Verwertung bzw. sekundärer Rohstoff eingesetzt werden, auf den keines der zuvor genannten Kriterien zutrifft, so ist durch einen entsprechenden Fachgutachter der Nachweis zu erbringen, daß der Stoff und damit das mit ihm hergestellte Recyclingbauprodukt die im Bauproduktengesetz formulierten Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umwelt erfüllt.
4. Die Produkte gemäß Geltungsbereich müssen den bauaufsichtlichen Anforderungen entsprechen. Der Nachweis der technischen Eignung der Recyclingbauprodukte für den vorgesehenen Anwendungsbereich ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung /11/ bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

5. Der Nachweis einer gefahrlosen Einspeisung des Bauproduktes in den Stoffkreislauf ohne eine unzulässige Schadstoffanreicherung ist nach den Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall /75/ für mineralische Reststoffe und Abfälle aus dem Baubereich, Altlasten und Schadensfällen, Abschnitt 1.4 (Bauschutt) /75/ zu erbringen. Dazu ist das Bauprodukt mechanisch zu zerkleinern und der durch Klassierung (Siebung) gewonnene Anteil < 2 mm ist nach den Technischen Regeln zu untersuchen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Zuordnungswerte Z2 der Tabellen II.1.4-5 und II.1.4-6 nach /75/ eingehalten werden. Der Nachweis ist durch eine in § 24 C der Musterbauordnung bzw. der entsprechenden Paragraphen der Landesbauordnungen anerkannte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstelle zu erbringen.

ANLAGE A:

TECHNISCHE REGELWERKE

Bindemittel:

- DIN 1060-1 /33/
- DIN 1164 /34/
- DIN 1168-1 /35/
- DIN 4208 /37/
- DIN 4211 /38/
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

Zusatzstoffe:

- DIN 1060-1 /33/
- DIN 4226 /39/
- DIN 51043 /47/
- EN 450 /48/
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

Zuschläge:

- DIN 4226 /39/

- DIN 4226-100⁴¹
- DIN 18550 /42, 43, 44/
- Richtlinie „Beton mit rezykliertem Zuschlag“ des Deutschen Ausschuß für Stahlbeton
- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik

10 ZIEL EINES UMWELTZEICHENS FÜR RECYCLINGBAU-PRODUKTE

Wesentliches Ziel des Umweltzeichens ist es, die vorhandenen relativen Unterschiede in der Umweltqualität von Produkten, soweit sie erheblich sind, zu kennzeichnen und die aus Umweltsicht bessere, „intelligentere“ Lösung auszuweisen /103/.

In welcher Hinsicht wäre ein Umweltzeichen für Recyclingbauprodukte für den Hochbau ein sinnvolles Instrument der Umweltpolitik ?

Wie in der Einleitung erwähnt, ist es eindeutiger politischer Wille, den Einsatz von Recyklaten und industriellen Abfällen bzw. sekundären Rohstoffen in der Normung und bei der Zulassung von Bauprodukten unter Beachtung der bauaufsichtlichen Anforderungen weitergehend zu fördern.

Anders als im englischsprachigen Raum, in dem der Begriff „waste“ weitgehend neutral und „unverkrampft“ für diverse Reststoffe verwendet wird, haben im deutschen „Abfall“ und „Reststoffe“ ein immer noch negatives Image. Dies kommt auch in den Äußerungen von Vertretern einiger Betriebe der Steine und Erdenindustrie zum Ausdruck. Insbesondere dort, wo das Image des Baustoffes mit Primärrohstoffen selbst nur bedingt positiv gesehen wird (z. B. Beton), sehen Vertreter der betroffenen Industrie das Werben mit verwendeten Recyclingstoffen bzw. Sekundärrohstoffen als kontraproduktiv an. Werbestrategie ist bei solchen Produkten i. d. R. die „Reinheit“ des Baustoffes, d. h. der Hinweis auf ausschließliche Verwendung von „natürlichen“, primären Rohstoffen.

41 Die DIN 4226-100 wird zur Zeit erarbeitet. Dort werden zukünftig rezyklierte Gesteinskörnungen behandelt.

Hier ist der wesentliche Förderungseffekt bzw. -sinn in einem Umweltzeichen für Recyclingbauprodukte zu sehen: Eine Erhöhung der Akzeptanz bei Verwendung von Sekundärrohstoffen.

11 LITERATUR

- /1/ Abfallgesetz; TA Abfall: Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). 1993
- /2/ AIF-Forschungsvorhaben: Kostenoptimierung der Kalksandstein-Technologie unter Berücksichtigung notwendiger Produkteigenschaften (AIF 570/88), Abschlußbericht, RWTH Aachen, Institut für Gesteinshüttenkunde
- /3/ Anonym: Bariumkarbonat verhindert Ausblühungen, Kali Chemie, Hannover, 9 S.
- /4/ ARGEBAU: Umweltschutz im Bauwesen, Planungshilfe, Bayerische Finanzverwaltung im bayerischen Staatsministerium der Finanzen mit Zustimmung des Hochbauausschusses (LAG)
- /5/ Arlt, J; Bade, K; Böhmer, H.: ifB-Forschungsbericht F 740, 1994
- /6/ AUB - Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V., Niederlinger Straße 1, 80638 München, Die besondere Verpflichtung zum umweltverträglichen Bauen, Informationsschrift, 1/1997
- /7/ Baustoffdaten - Oekoinventare OGIP/KOBEK, Karlsruhe/Weimar/Zürich
- /8/ Baustoff-Technik; N.N.: Pflastersteine aus Recycling-Beton: Betonwerk startet bundesweites Pilotobjekt - Material-Recycling auf hohem Qualitätsstand. In: Baustoff-Technik 10 (1991), Nr. 10, S. 331-332
- /9/ Baustoff-Technik; N.N.: Recyclingpflasterstein: Bis zu 80 % aufgearbeiteter Bauschutt. In: Baustoff-Technik 3 (1998), Nr. 3, S. 146
- /10/ Bericht der Bundesregierung über Umweltradioaktivität im Jahr 1990. Deutscher Bundestag - 12. Wahlperiode, Drucksache 12/2677
- /11/ Bernstorff Graf von, S.: Musterbauordnung (MBO) Bauprodukte. Kommentar zu den aufgrund der Bauproduktenrichtlinie und des Bauproduktengesetzes in die Musterbauordnung neu aufgenommenen bzw. geänderten Vorschriften. Köln: Bundesanzeiger, 1994
- /12/ Bertram, H.-U.: Verwertung von mineralischen Abfällen aus dem Baubereich im Rahmen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-AbfG). Berlin: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz, FGU, 1997. In: Abfallverwertung im Bauwesen. 19. Seminar im Rahmen der UTECH Berlin '97, am 17. Februar 1997, S. 33-53

- /13/ Bertram, H.-U.; Zubiller, C.-O.: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. In: TerraTech (1995), Nr. 5, S. 26-30
- /14/ Bliefert, C.: Umweltchemie. Weinheim: VCH, 1994
- /15/ Brownell, W.E.: Structural clay products, Applied Mineralogy, 9, Springer Verlag
- /16/ BUG-Datenbank, Bayerische Architektenkammer, Waisenhausstr. 4, 80637 München, CD-ROM-Version (Demo!)
- /17/ Bundes-Bodenschutzgesetz, BBodSchG vom 17. März 1998, BGBl. I S. 502
- /18/ Bundes-Immissionsschutzgesetz; BImSchG; Jarass, H.D.: Bundes-Immissionsschutzgesetz: Kommentar. München: C.H.Beck'sche Verlagsbuchhaltung, 1983
- /19/ Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bundesministerium der Verteidigung, Arbeitshilfen Recycling, Stand Juli 1998
- /20/ Bundesverbandes der Deutschen Mörtelindustrie e. V., Duisburg, schriftliche Mitteilung vom 10.08.98
- /21/ Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V.; BTB: Geschäftsbericht über das Geschäftsjahr 1996 und die seitherige Entwicklung. Duisburg: Bundesverband der deutschen Transportbetonindustrie e.V., 1997
- /22/ Bundesverband Steine und Erden: Baustoff-Ökobilanzen: Leitfaden zur Erstellung von Sachbilanzen in Betrieben der Steine-Erden-Industrie. Frankfurt: Bundesverband Steine und Erden e.V., 1997
- /23/ DATA-Baum, Transferstelle für ökologisches Planen und Bauen, Goethestr. 24, 01309 Dresden
- /24/ Deutscher Ausschuß für Stahlbeton; DAfStb: DAfStb-Richtlinie Beton mit rezykliertem Zuschlag. Teil 1: Betontechnik Teil 2: Betonzuschlag aus Betonsplitt und Betonbrechsand. (Ausgabe Aug. 1998)
- /25/ Deutscher Ausschuß für Stahlbeton; DAfStb: Flugasche nach DIN EN 450 im Betonbau. September 1996
- /26/ Deutscher Bundestag: Bericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft"; Die Industriegesellschaft gestalten - Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn: Deutscher Bundestag, 1994. - Drucksache 12/8260
- /27/ Deutsches Institut für Bautechnik: Merkblatt zur Bewertung der Boden- und Grundwassergefährdung durch Bauprodukte (Entwurf - August 1998), Berlin, 1998 (unveröffentlicht - Bearbeitung durch DIBt, Projektgruppe des GA3)

- /28/ DIBt; Lias-Franken Leichtbaustoffe GmbH & Co. KG; Z-17.1-513: Zulassungsgegenstand: Liaver-Leichtzuschlag zur Herstellung von Leichtmörtel nach DIN 1053. Antragsteller: Lias-Franken Leichtbaustoffe GmbH & Co. KG, 91352 Halberndorf-Pautzfeld. Berlin: Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt, 1996. - Zulassungsnummer: Z-17.1-513 (10.96); Geltungsdauer: 31. Oktober 2001
- /29/ DIN 105 (08/89) Mauerziegel; Teil 1: Vollziegel und Hochlochziegel.
- /30/ DIN 106 (09/80) Kalksandsteine; Teil 1: Vollsteine, Lochsteine, Blocksteine, Hohlblocksteine.
- /31/ DIN 1045 (07.88) Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung.
- /32/ DIN 1053 (11/96) Mauerwerk; Teil 1: Berechnung und Ausführung.
- /33/ DIN 1060 (03/95) Baukalk; Teil 1: Definitionen, Anforderungen, Überwachung
- /34/ DIN 1164 (10.94) Zement. Teil 1: Zusammensetzung; Anforderungen
- /35/ DIN 1168 (01/86) Baugipse. Teil 1: Begriff, Sorten und Verwendung, Lieferung und Kennzeichnung
- /36/ DIN 4165 (12/86) Gasbeton-Blocksteine und Gasbeton-Plansteine.
- /37/ DIN 4208 (04/97) Anhydritbinder
- /38/ DIN 4211 (08/90) Putz- und Mauerbinder; Begriff, Anforderungen, Prüfungen, Überwachung
- /39/ DIN 4226 (04.83) Zuschlag für Beton.
Teil 1: Zuschlag mit dichtem Gefüge. Begriffe, Bezeichnung, Anforderungen;
Teil 2: Zuschlag mit porigem Gefüge (Leichtzuschlag). Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen;
Teil 3: Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge;
Teil 4: Überwachung (Güteüberwachung)
- /40/ DIN 18 151 (09.87) Hohlblöcke aus Leichtbeton
- /41/ DIN 18 152 (04.87) Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton
- /42/ DIN 18 550 Teil 1 (01.85) Putz; Begriffe und Anforderungen
- /43/ DIN 18 550 Teil 2 (01.85) Putz; Putze aus Mörteln mit mineralischen Bindemitteln; Ausführung
- /44/ DIN 18 550 Teil 3 (03.91) Putz; Wärmedämmputzsysteme aus Mörteln mit mineralischen Bindemitteln und expandiertem Polystyrol (EPS) als Zuschlag
- /45/ DIN 18 550 Teil 4 (08.93) Putz; Leichtputze; Ausführung
- /46/ DIN 18560 Teil 1 (05.92) Estriche im Bauwesen; Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung
- /47/ DIN 51043 (08/79) Traß; Anforderungen, Prüfung

- /48/ DIN EN 450 (01.95) Flugasche für Beton; Definitionen, Anforderungen und Qualitätssicherung
- /49/ DIN EN 459 Teil 1 (01.99). Baukalk; Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien
- /50/ EN ISO 14001 (10.96) Umweltmanagementsysteme. Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung
- /51/ EN ISO 14040 (08.97) Ökobilanz. Prinzipien und allgemeine Anforderungen
- /52/ Erikson, J.A.: DRP 404677 (1923) und DRP 454744 (1925)
- /53/ Feuerborn, H.-J, Ludwig, U., Miskiewicz, K.: Flugaschen und Hüttensand als alternative Rohstoffe zur Herstellung von Kalksand-Produkten, Umwelttage der RWTH Aachen, Reststoffverwertung, Tagungsband, 9/10. November 1995.
- /54/ Forschungsinstitut der Zementindustrie: Sachstandsbericht "Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe", 5. Entwurf, Düsseldorf 05.94, unveröffentlicht (zitiert in /95/)
- /55/ Friesecke, G.; Gähl, K.: Das TEREKLA-Verfahren. Ein umweltfreundliches, patentrechtlich geschütztes Verfahren zur Einbindung von teerhaltigem Straßenaufbruch in Betonpflastersteine. Krefeld-Rheinhafen: Klausmann Betonwerk, Straßenbaustoffe, 1993. - Firmenschrift
- /56/ Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft - GISBAU
- /57/ Giegrich, J.; Mampel, U.; Duscha, M.; Zazczyk, R.; et al: Bilanzbewertung in produktbezogenen Ökobilanzen: Evaluation von Bewertungsmethoden, Perspektiven. Berlin: Umweltbundesamt, 1995. - Forschungsbericht 101 01 103 UBA-FB 95-034
- /58/ Gilbert, W., German, W. L.: Einfluß von chemischer Behandlung auf die Eigenschaften bestimmter britischer Tone, Die Ziegelindustrie, 9, S. 399 - 403, Wiesbaden, 1956
- /59/ Görisch, U.: Recycling-Material - ein Zuschlag für die Herstellung von Betonsteinen. In: BR Baustoff Recycling und Deponietechnik 6 (1990), Nr. 2, S. 12-14
- /60/ Gort, H.; Schneider, U.; Technische Universität Wien: Strukturen einer Ökobilanz unter besonderer Berücksichtigung der Bewertungsmethoden und der Anwendung bei Baustoffen. Wien: Technische Universität. - In: Mitteilungen des Instituts für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz (1995), Nr. 3, S. 1-134
- /61/ Grimshaw, R.W.: The Chemistry and Physics of Clay and Allied Ceramic Materials, 4. Auflage, 1024 S, London, Ernest Benn Ltd., 1971
- /62/ Hauck, D.; Hilker, E.: Abfallstoffeinsatz in der Ziegelindustrie, Ziegeltechnisches Jahrbuch 1984, S. 15 - 60

- /63/ Härig, S.; Günther, K.; Klausen, D.: Technologie der Baustoffe: Handbuch für Studium und Praxis. 12. Aufl. Karlsruhe: Müller, 1994
- /64/ Heinz, D.: Herstellung von autoklavgehärteten Kalk-Sand-Produkten, Vorlesungsskript RWTH Aachen
- /65/ Heijungs et al.: Environmental life cycle assessment of products, guide and backgrounds. LCA Centrum voor Milieukunde Leiden (CML), 10.92
- /66/ Herbschleb, E.: Die Energie-Kennzahl: Standardisiertes Verfahren zur Ermittlung des Gesamtenergieaufwandes für die Herstellung von Baustoffen. München: Unipor-Ziegel-Gruppe, 1999. - In: Unipor-Fachtagung '99. Massiv statt Leicht: NEH mit Ziegeln - Energiekennzahlen - Vermeiden von Bauschäden, Tagungshandbuch, S. 55-97
- /67/ Hohberg, I.; Müller, Ch.; Schießl, P.: Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe: Zusammenfassung eines Sachstandsberichts des DAfStb. In: Beton 46 (1996), Nr. 3, S. 156-160
- /68/ Hohberg, I.; Müller, Ch.; Schießl, P.; Volland, G.: Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe. Sachstandsbericht. Berlin: Beuth. - In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (1996), Nr. 458
- /69/ Kiehne, H.; Bauproduktengesetz; Bauproduktenrichtlinie: Bauproduktengesetz Materialsammlung: Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Dokumente, technische Spezifikationen, Leitlinien, Erläuterungen. Berlin: Beuth, 1998. - Zur Fortsetzung
- /70/ Kingery, W.D.; Bowen, H.K.; Uhlmann, D.R.: Introduction into Ceramics, 2. Auflage, John Wiley & Sons, 1975
- /71/ Klöpffer, W.; Renner, I.: Methodik der Wirkungsbilanzen im Rahmen von Produktökobilanzen unter Berücksichtigung nicht oder nur schwer quantifizierbarer Umwelt-Kategorien. Berlin: Umweltbundesamt, 1995. - Forschungsbericht 101 01 102 UBA-FB 94-095
- /72/ Kreislaufwirtschaft und Abfallgesetz; Deutsches Bundesrecht: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG. Stand: 27. September 1994)
- /73/ Kreislaufwirtschaftsträger Bau (KWTB), Broschüre zu Planung, Baustoffe, Neubau, Rückbau, Recycling, Godesberger Allee, 53175 Bonn
- /74/ Kuhlmann, K.; Paschmann, H.: Beitrag zur ökologischen Positionierung von Zement und Beton. In: Zement-Kalk-Gips 50 (1997), Nr. 1, S. 1-8
- /75/ LAGA; Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (20): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln (Stand: 06.11.1997), Erich Schmidt Verlag

- /76/ Länderausschuß Bergbau Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfälle als Versatz unter Tage; Technische Regeln für den Einbau von bergbaufremden Abfällen als Versatz
- /77/ Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz, schriftliche Mitteilung vom 19.10.99
- /78/ Lippe, H.: Recyclingbaustoffe im Wohnungsbau. Ermittlung ihrer Verwendungsmöglichkeiten, Gesundheitsverträglichkeit und Kostendämpfung. Stuttgart: IRB, 1996
- /79/ Ludwig, U., Moldan, K.: Magnesiumhaltige Branntkalk in Kalksandprodukten, Sprechsaal 106, 1973, S. 793 – 796 und S. 869 – 891
- /80/ Ludwig, U., Pöhlmann, R.: Zur Optimierung von Kalksandbaustoffen, TIZ, 1983
- /81/ MBI Beton GmbH: Produktinformationen zum MBI-Umweltstein, überreicht durch Peter Liebrechts, Girardetstr. 2-38, 45131 Essen
- /82/ Michaelis, W.: DRP 14195 (1880)
- /83/ Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Einsatz von Recyclingbaustoffen, Merkblatt, März 1995
- /84/ Ministerium für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen, Baustoffe unter ökologischen Gesichtspunkten, 1.22-1993
- /85/ Mitteilungen Deutsches Institut für Bautechnik; N.N.; Bauregelliste: Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C -Ausgabe 97/1-. In: Mitteilungen Deutsches Institut für Bautechnik 28 (1997), Nr. 15, Sonderheft
- /86/ Müller, Ch.: Beton als kreislaufgerechter Baustoff - Untersuchungen zu den Einsatzgrenzen von Sekundärrohstoffen in Beton (Dissertation - in Bearbeitung)
- /87 / Niederschrift über die 96. Ministerkonferenz der ARGEBAU am 25. Juni 1998 in Bremen (TOP 9: Verwendung von Recyclaten im Bauwesen)
- /88/ Öko-Leitfaden, Leitfaden zum ökologischen, wirtschaftlichen und gesunden Bauen, Entwurf, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Entwurf vom 27.03.1998)
- /89/ Ökozentrum NRW, Sachsenweg 8, 59073 Hamm
- /90/ Pawel, Angela: Ergebnisse der Projektgruppe "Boden- und Grundwassergefährdung durch Baustoffe, Analyse und Bewertung", Kurzfassung des Vortrages beim Workshop der Deutschen Bauchemie "Boden- und Grundwassergefährdung durch Bauprodukte - Neue bauaufsichtliche Anforderungen", Frankfurt, 23.03.1998
- /91/ Pawlik, K.: Leichtkalkbeton „Ytong“ aus Filterasche, Mitteilungen der VGB, H. 20, 1952, S. 215 - 217

- /92/ RAL; Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung: Baustoffe überwiegend aus Altglas RAL-UZ 49. Sankt Augustin: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, 1997. - In: Produktanforderungen Zeichenanwender und Produkte, S. 108-110
- /93/ Reinhardt, H.-W.: Mehr Lebensqualität durch umweltschonendes Bauen. Ludwigsburg: Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg (Umweltakademie), 16.04.1997 (Vortragsskript)
- /94/ Riechers, H.-J.: Werkmörtel für den Mauerwerksbau. Berlin: Ernst & Sohn. - In: Mauerwerk-Kalender 21 (1996), S.673-685
- /95/ Salmang/Scholze: Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1968
- /96/ Schießl, P.; Heinz, D.; Feuerborn, H.-J.; Heer, B.; Müller, Ch.: Untersuchung von Möglichkeiten zur Förderung von Recyclingbauprodukten für den Hochbau durch das Umweltzeichen - In: Berichte des Umweltbundesamtes (vorliegender Bericht)
- /97/ Schießl, P.; Hohberg, I.; Rankers, R.: Umweltverträglichkeit von Baustoffen für Außenfassaden. Aachen: Institut für Bauforschung, 1995. - Forschungsbericht Nr. F 415
- /98/ Schießl, P.; Müller, Ch.: Baustoffkreislauf im Massivbau (BiM) Betonwaren mit Recyclingzuschlägen. BiM-Projekt-Nr. E/05. Aachen: Institut für Bauforschung, 1997. - Zwischenbericht Nr. F 2550/1
- /99/ Scholz, Baustoffkenntnis, 13. Auflage, 1995
- /100/ SICOWA, Verfahrenstechnik für Baustoffe GmbH, Aachen, Verfahren zur Herstellung von Schaumsilikat-Wandbaublöcken und Vorrichtung zu deren Herstellung
- /101/ Singer, F.; Singer, S. S.: Industrielle Keramik, Bd. 1: Die Rohstoffe, Eigenschaften, Vorkommen, Gewinnung und Untersuchung, Springer Verlag 1964
- /102/ Stange, E.; Haas, H.: Gasbeton aus Steinkohlenflugasche, Mitteilungen der VGB, H. 102, 1966, S. 145 - 148
- /103/ Umweltbundesamt; Jury Umweltzeichen; Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL): Das Umweltzeichen stellt sich vor. Berlin: Umweltbundesamt (Hrg.) - 1994
- /104/ Umweltbundesamt: Ökobilanz für Getränkeverpackungen. Berlin: Umweltbundesamt. - In: Berichte des Umweltbundesamtes (1995), Nr. 52
- /105/ Umweltbundesamt: Standardberichtsbogen für produktbezogene Ökobilanzen. Berlin: Umweltbundesamt. - In: Berichte des Umweltbundesamtes (1995), Nr. 24
- /106/ Universität Karlsruhe (ifib): KOBEEK - Methode zur kombinierten Berechnung von Energiebedarf, Umweltbelastung und Baukosten in frühen Planungsstadien, Schlußbericht, September 1996

- /107/ Verband der Chemischen Industrie e.V., Umwelt und Chemie von A - Z. Freiburg: Herder, 1993
- /108/ VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.); Richtlinie VDI 2243 Blatt 1 1993 - Recyclinggerechtes Konstruieren technischer Produkte -
- /109/ Vereinigung Europäischer Baustoffhersteller (CEPMC): Eco labelling: Danger ahead for the industry. Information document for the CEP MC member organisations. REF: MO/94.3963.2
- /110/ Weißmann, N.; Frisch, B.; SCC: Ökobilanz für Dachsteine. August 1996, Wöllstein

**Untersuchung von Möglichkeiten zur Förderung von Recycling-
Bauprodukten für den Hochbau durch das Umweltzeichen**

- F+E-Vorhaben UBA 297 95 381 -

Abschlußbericht

B 2216/AB

A N H A N G I

Tabelle A1: Übersicht über Anforderungen an Betonwaren (Zusammenstellung aus /54/)

Beton-ware	Druckfestigkeit		Biegezugfestigkeit		Wasseraufnahme		Verschleiß/Abrieb		Frost-Tausalz-Widerstand
	Prüfung nach	Anforderung	Prüfung nach	Anforderung	Prüfung nach	Anforderung	Prüfung nach	Anforderung	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 11
Bordsteine	-	-	DIN 483	MW: $\geq 6 \text{ N/mm}^2$	-	-	-	-	DIN 483 nur nach Vereinbarung
				EW: $\geq 5 \text{ N/mm}^2$					EN 1338 (Slab-Test)
									Klasse 1: keine Anforderung Klasse 2: $< 0,5 \text{ kg/m}^2$
Gehwegplatten	-	-	DIN 485	MW: $\geq 6 \text{ N/mm}^2$ EW: $\geq 5 \text{ N/mm}^2$	-	-	-	-	Gehwegplatten müssen widerstandsfähig gegen Frost und Tausalz sein
Betonwerkstein	DIN 18 500	MW: $\geq 30 \text{ N/mm}^2$	DIN 18 500	MW: $\geq 5 \text{ N/mm}^2$	DIN 52 103-A	$\leq 15 \text{ Vol.-%}$	DIN 52 108	Härteklasse II	-
		EW: $\geq 25 \text{ N/mm}^2$		EW: $\geq 4 \text{ N/mm}^2$				Härteklasse I bei besonders starken Beanspruchungen	

Tabelle A1: Übersicht über Anforderungen an Betonwaren (Fortsetzung) (Zusammenstellung aus /54/)

Beton-ware	Druckfestigkeit		Biegezugfestigkeit		Wasseraufnahme		Verschleiß/Abrieb		Frost-Tausalz-Widerstand		
	Prüfung nach	Anforde-rung	Prüfung nach	Anforde-rung	Prüfung nach	Anforde-rung	Prüfung nach	Anforde-rung	Prüfung nach	Anforderung	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Pflaster-steine	DIN 18501	MW: $\geq 60 \text{ N/mm}^2$	-	-	-	-	-	-	DIN 18501 nur nach Verein-barung	Pflastersteine nach DIN 18501 gelten als beständig gegen Frost-Tausalz-angriff	
		EW: $\geq 55 \text{ N/mm}^2$							Prüfung nach /10/		
Beton-rohre, Form-stücke	DIN 1048 bzw. Prüfung an ganzen Rohren nach DIN 4032	B 45 nach DIN 1045 Scheitel-druckkräfte nach Ta-belle 8 der DIN 4032	-	-	DIN 4032	Wasserzu-gabe nach Tabelle 9 der DIN 1032	Anforderungen und Prüfverfahren werden zwischen Hersteller und Kunde in Abhän-gigkeit von Sandfracht und Fließgeschwin-digkeit vereinbart		-	-	
					DIN 1048	WU-Beton					

MW: Mittelwert

EW: Einzelwert

Tabelle A2: Bauabfallentsorgung in den Bundesländern, Stand: April 1999 (aus /77/)

Bundesland	Stand der Einführung der TR	Art der Einführung	Kooperationen	Bemerkungen
1	2	3	4	5
Baden-Württemberg	Noch nicht eingeführt	Soll durch Erlaß eingeführt werden	Keine (Beteiligung der Bauwirtschaft am Einführungs Erlaß)	Vor einer Einführung soll der Erlaß der Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie die Überarbeitung der Technischen Regeln abgewartet werden. Es gelten derzeit VV zur Verwertung von Straßenaufbruch und Bauschutt (teerhaltiger Straßenaufbruch ist in der Straßeninformationstank zu speichern; Grenzwerte außer für KW nur für das Eluatverhalten).
Bayern	Eingeführt (März 1998)	Schreiben des Umweltministeriums an nachgeordnete Behörden	Keine	Für Bauschutt gilt Bekanntmachung der obersten Baubehörde (im wesentlichen nur Eluatwerte; EOX, KW, PAK im Feststoff). Dokumentation wie TR, aber unter Umständen andere Nachweise wie Abfallwirtschaftskonzepte, -bilanzen möglich.
Berlin*	Wird angewendet	Soll nicht formell eingeführt werden	Umweltvereinbarung	Umweltvereinbarung (s.u.) zusammen mit Brandenburg.
Brandenburg	Eingeführt (Mai 1995, April 1997)	Erlaß	Umweltvereinbarung	Umweltvereinbarung zur Verwertung von Bauabfällen (Schwerpunkt gemischte Bau- und Abbruchabfälle) für die Länder Berlin und Brandenburg abgeschlossen (Nachweisführung vorgezogen, Kopie des VE an Abfallbehörde!). Gerichtliche Erklärung zu getroffenen Anordnungen steht aus! Lieferscheine im Sinn der TR rechtlich nicht forderbar! Eigenkontrolle, Qualitätssicherung, Dokumentation haben empfehlenden Charakter! Verbindlichkeit kann sich aus allgemeinen Sorgfaltspflichten ergeben. Kann in Überwachungsverträge für Entsorgungsbetriebe aufgenommen werden.

Tabelle A2: Bauabfallentsorgung in den Bundesländern, Stand: April 1999 (Fortsetzung) (aus /77/)

Bundesland	Stand der Einführung der TR	Art der Einführung	Kooperationen	Bemerkungen
1	2	3	4	5
Bremen	Wird angewendet	Keine Angaben	s. Hamburg	
Hamburg	Eingeführt (Sept. 1995, Dez. 1997, Juni 1998)	Veröffentlichung im Amtlichen Anzeiger	Vereinbarung zwischen den Verbänden der Bauwirtschaft, der Entsorgungswirtschaft und den Ländern Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein im Entwurf (17.11.98)	TR sollen eingehalten werden, Nachweispflicht für üA gilt dann als erfüllt, wenn Dokumentation nach den TR (in reduzierter Form); für pH-Wert und Leitfähigkeit kein Ausschlußkriterium, wenn Betonanteil mindestens 60 M-% beträgt; für Sulfat gilt: 50-%ige Überschreitung für Z 1 bis Z 2 bis zum Jahr 2000 zulässig (zur Forcierung der Bemühungen zur Sulfatreduktion im Bauschutt).
Hessen	TR kommen zur Anwendung	Alte VV um Werte der TR ergänzt	Keine	Entwurf einer Verwaltungsvorschrift liegt vor (Juli 1997). Diese wird jedoch nicht in Kraft treten. Der Entwurf soll vielmehr in Richtlinien bzw. Hinweisen münden. Die Regierungspräsidien erarbeiten Merkblätter für einzelne Abfallarten u.a. auch für den Baubereich. TR sollen inhaltlich zur Gänze berücksichtigt werden
Mecklenburg-Vorpommern	Anwendung empfohlen	Erlaß	Mit Verbänden der Bauwirtschaft, -Memorandum „Kreislaufwirtschaft im Baubereich“	Auch Anwendung im Straßenbau des Landes
Niedersachsen	Eingeführt (außer Bauschutt/Straßenaufbruch)	Erlasse	s. Hamburg	

Tabelle A2: Bauabfallentsorgung in den Bundesländern, Stand: April 1999 (Fortsetzung) (aus /77/)

Bundesland	Stand der Einführung der TR	Art der Einführung	Kooperationen	Bemerkungen
1	2	3	4	5
Nordrhein-Westfalen	Formell noch nicht eingeführt		Keine	Vorgaben der TR sollen in bestehende Runderlasse zu Mineralstoffen im Straßenbau und Recyclingbaustoffen eingearbeitet werden. Gespräche dazu sind im Januar und März mit Vertretern der Bauwirtschaft geplant. Es ist vorgesehen, für salzhaltige Abfälle die Verwertung in Lärmschutzwällen nicht zuzulassen. Z0 Klasse für Bauschutt wird es aufgrund i.d.R. höherer Belastung vermutlich nicht geben.
Rheinland-Pfalz	Wird angewandt	Schreiben des Umweltministeriums an die zuständigen Abfallbehörden		Im März wird mit Vertretern der Baubranche die Umsetzung der TR bearbeitet.
Saarland	Eingeführt (Sept. 1994, Jan. 1996)	Erlasse	Keine	Keine Abkommen mit der Baubranche; Gespräche laufen zur beabsichtigten Gründung eines sog. regionalen „Kreislaufwirtschaftsträgers Bau“
Sachsen*	Nicht eingeführt			TR werden angewendet.
Sachsen-Anhalt	Einführung im 1. Quartal 99 geplant	Erlaß (in Vorbereitung)	keine	Seit 7.7.1994 „Richtlinie für die Entsorgung von Bauabfällen“ in Kraft. Diese unterscheidet sich nicht prinzipiell von den TR
Schleswig-Holstein	Eingeführt (30.04.98)	Erlaß	s. Hamburg	s. Hamburg
Thüringen	Teilweise eingeführt	Erlaß (Dez. 1994)		Gesamtes Regelwerk soll durch Erlaß oder VV eingeführt werden.

*: Von diesen Bundesländern kamen keine Rückmeldungen. Es wurden die Informationen aus dem Bericht für die LAGA von 1997 übernommen.

Tabelle A3: Zuordnungswerte Feststoff für Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteten Bauschutt /75/

Parameter	Einheit	Zuordnungswert			
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
		Bauschutt			
1	2	3	4	5	6
Arsen ²⁾	mg/kg	20	-	-	-
Blei ²⁾		100	-	-	-
Cadmium ²⁾		0,6	-	-	-
Chrom (ges.) ²⁾		50	-	-	-
Kupfer ²⁾		40	-	-	-
Nickel ²⁾		40	-	-	-
Quecksilber ²⁾		0,3	-	-	-
Zink ²⁾		120	-	-	-
Kohlenwasserstoffe		100	300 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾
ΣPAK n. EPA		1	5 (20) ³⁾	15 (50) ³⁾	75 (100) ³⁾
EOX		1	3	5	5
PCB (Summe 6)		0,02	0,1	0,5	1

1) Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlußkriterium dar. Hiervon kann in der Regel dann ausgegangen werden, wenn es sich bei den Kohlenwasserstoffen um wenig mobile Verbindungen mit Kettenlängen > C25 handelt.

2) Sollen Recyclingbaustoffe, z. B. Vorabsiebmaterial, und nicht aufbereiteter Bauschutt für Rekultivierungszwecke und Geländeauffüllungen in der Einbauklasse 1 verwendet werden, ist die Untersuchung von Arsen und Schwermetallen erforderlich. Es gelten dann die Kriterien und Zuordnungswerte Z1 (Z 1.1 und Z 1.2) der Technischen Regeln Boden.

3) Im Einzelfall kann bis zu den in Klammern genannten Wert abgewichen werden.

Tabelle A4: Zuordnungswerte Eluat für Boden und Recyclingbaustoffe/nicht aufbereiteten Bauschutt /75/

Parameter	Einheit	Zuordnungswert			
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
		Bauschutt			
1	2	3	4	5	6
pH- Wert ¹⁾	-	7-12,5			
elektrische Leitfähigkeit	µs/cm	500	1000	2500	3000
Chlorid	mg/l	10	20	40	150
Sulfat		50	150	300	600
Arsen	µg/l	10	10	40	50
Blei		20	40	100	100
Cadmium		2	2	5	5
Chrom (ges.)		15	30	75	100
Kupfer		50	50	150	200
Nickel		40	50	100	100
Quecksilber		0,2	0,2	1	2
Zink		100	100	300	400
Phenolindex ²⁾		<10	10	50	100

1) Niedrigere pH- Werte stellen allein kein Ausschlußkriterium dar. Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen.

2) Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen. Höhere Gehalte, die auf Huminstoffe zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlußkriterium dar.

Tabelle A5: Zuordnungswerte Feststoff für schadstoffarme Steinkohlen-Grobaschen/-Kesselaschen und Rostaschen /75/

Parameter	Dimension	Grobasche/Kesselasche, Rostasche	
		Z 0	Z 1.1
1	2	3	4
Aussehen	-	i. a.	
Färbung	-		
Geruch	-		
Arsen	mg/kg	20	30
Blei		100	200
Cadmium		0,6	1
Chrom (ges.)		50	100
Kupfer		40	100
Nickel		40	100
Quecksilber		0,3	1
Zink		120	300

i. a. = ist anzugeben

Tabelle A6: Zuordnungswerte für Eluate von Kraftwerksreststoffen /75/

Parameter	Dimen- sion	Steinkohlen												Schmelz- kammer- granulat
		Flugasche			Grobasche / Kesselasche				Rostasche					
		Trocken- feuerung	Wirbel- schicht- feuerung ¹⁾	Schmelz- feuerung ²⁾										
		Z 2*	Z 2*	Z 2*	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Z 0	Z 1.1	Z 1.2/Z2	Z 0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Färbung	-	ist anzugeben												
Trübung														
Geruch														
pH-Wert														
elektr. Leitf.	µS/cm	8 - 13	10 - 13	10 - 13	10 - 12	10 - 12	10 - 12	10 - 12	10 - 12	10 - 12	7 - 12	7 - 12	6 - 9	
Arsen		5000	10000	5000	500	1000	1000	1000	500	1000	1000	200		
Blei		100	40	100	10	10	40	100	10	10	40			
Cadmium					20	40			20	40				
Chrom ges.		10	10	10	2	2			2	2				
Kupfer		350	300	350	15	30			15	30				
Nickel					50	50			50	50				
Quecksilber					40	50			40	50				
Zink				2	0,2	0,2	1	2	0,2	0,2	1			
Chlorid					100	100			100	100				
Sulfat	mg/l	50	100	50	10	20	50	50	10	20	20	20		
		1000	2000	1000	50	75	200	200	50	75	200	200		

1): Werte einschließlich Bettasche

2): Die Arsen- und Schwermetallgehalte können deutlich über den tabellierten Werten liegen. Die Unterschreitung der Werte ist durch geeignete Prozeßführung möglich.

Tabelle A7: Vorlagen Baustoffbeurteilung, ARGEBAU, Kap. 2.4.3 /4/

KRITERIEN MATERIAL	PHYSIKALISCH					ÖKOLOGISCH				
	Roh- dichte	Wärme- leitfähig- keit	Wärme- speicher- zahl	Dampfdiffu- sionswider- standszahl	Wasserauf- nahme- koeffizient	Schad- stoffabga- be nach Einbau	Radio- aktivität/ Radon	Primär- energie- bedarf	Schad- stoffe bei der Her- stellung	Wieder- verwert- barkeit
	ρ	λ	$S = c \cdot \rho$	μ	ω					
	kg/m ³	W/(m·K)	Wh/(m ³ ·K)	1	kg/(m ³ ·h ^{1/2})	-	-	kWh/m ³	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. WANDBAU- STOFFE (Lehm, Ziegel, Kalksand- steine, Betonstei- ne) als Mauerwerk incl. Fugen										
4.1 Lehm (unge- normt) ¹⁾										
- Schwerlehm	1950	0,90	500	10		nein	ja ²⁾	0 - 25	nein	ja ³⁾
- Leichtlehm ab mit Blähton	1000	0,26	300	8		nein	ja ²⁾	5 - 30	nein	ja ³⁾
mit Bims	750	0,20	220	6		nein	ja ²⁾			ja ³⁾
mit Stroh, Holz- häcksel und Sägespänen	650 - 300	0,18 - 0,12	200 - 100	5 - 4		nein	ja ²⁾			ja ³⁾
4.2 Ziegel ¹⁾ DIN 105										
- Klinker KMz, KHLz, KHK	2000	0,96	560	50 - 100	2 - 5	nein	ja ²⁾	1750	ja ³⁾	ja ⁴⁾
- Mauerziegel Mz, Hlz, VMz	1600	0,68	415	5 - 10	20 - 30	nein	ja ²⁾	1360	ja ³⁾	ja ⁴⁾
- Leichthochloch- ziegel VHLz, HLzT	1000	0,45	260	5 - 10	20 - 30	nein	ja ²⁾	1040	ja ³⁾	ja ⁴⁾
- Porenhochloch- ziegel HLzW	700	0,30	180	5 - 10	5 - 20	ja ⁵⁾	ja ²⁾	595	ja ^{3), 5)}	ja ⁴⁾
4.3 Kalksandsteine DIN 106										
- Vollsteine KSV, KSVm	2000	1,10	520	5 - 25	4 - 8	nein	ja ¹⁾	435	bedingt ²⁾	ja ³⁾
- Lochsteine u. -blöcke KSL	1400	0,70	365	5 - 10	4 - 8	nein	ja ¹⁾	340	bedingt ²⁾	ja ³⁾
4.4 Porenbetonstei- ne DIN 4165										
- Porenbeton- blocksteine										
G 6	800	0,29	230	5 - 10	4 - 8	nein	ja ¹⁾	720	ja ²⁾	ja ³⁾
G 4	500	0,22	145	5 - 10	4 - 8	nein	ja ¹⁾	540	ja ²⁾	ja ³⁾
4.5 Betonhohlblock- steine ¹⁾										
DIN 18153										
Hbn 6	1800	0,92	505	20 - 30	1 - 2	bedingt ¹⁾	ja ²⁾	275	ja ³⁾	ja ⁴⁾
4.6 Leichtbetonhohl- blocksteine										
DIN 18151										
Hbl 6	1200	0,60	335	5 - 10	1,2 - 2,5	bedingt ¹⁾	ja ²⁾	200	ja ³⁾	ja ⁴⁾
Hbl 4	700	0,35	200	5 - 10	1,2 - 2,5	bedingt ¹⁾	ja ²⁾	200	ja ³⁾	ja ⁴⁾
4.7 Leichtbetonvoll- blocksteine										
DIN 18152 Vbl 4										
Zuschlag Bims NB	600	0,22	170	5 - 10	1,2 - 2,5	bedingt ¹⁾	ja ²⁾	180	ja ³⁾	ja ⁴⁾
Zuschlag Blähton BT	600	0,24	170	5 - 10	2 - 4	nein	ja ²⁾	645	ja ³⁾	ja ⁴⁾

Tabelle A7: Vorlagen Baustoffbeurteilung, /4/ (Fortsetzung)

BEMERKUNGEN		Hinweis auf die Ka- pitel A4 Schadstof- fe und A5 Recycling
12		13
zu 4.1:	1) Traditioneller, vielseitig einsetzbarer Naturbaustoff, ohne Umweltbelastung und preiswert. Selbsthilfegeeignet. Für aktuelle Funktionsforderung neu entwickelte Konstruktions- und Verarbeitungstechniken. Tragend nur mit bauaufsichtlicher Einzelzulassung, nicht tragend auch in mehrgeschossiger Bauweise. Besonders empfehlenswert in Kombination mit Holz für tragende Bauteile. Deutsche Norm seit den 50iger Jahren außer Kraft, Schweizer SIA Regelung neu entwickelt. Neue deutsche Norm in Vorbereitung. Gute Wärmedämmung durch Leichtzuschläge wie Stroh, Schilf, Holzspäne, Sägespäne, Blähton, Bims, Perlite usw. - Je nach Rohdichte gutes - geringes Wärmespeichungsvermögen - Ausgezeichnete Feuchteregulierung im Gebäudeinneren, diffusionsoffen. - Wassergefährdet. Außenschutz. Dachüberstand. Sockel. Sehr langsam trocknend. 2) Radioaktivität stark schwankend, ähnlich wie Ziegel. 3) Recycling und Deponierung uneingeschränkt und einfach möglich.	A 3/21 A 5/23
zu 4.2:	1) Positive Eigenschaften: Wärmespeicherungsfähigkeit, Dampfdiffusionsfähigkeit, feuchteregulierend, frei von giftigen Inhaltsstoffen, soweit nicht problematische Zuschläge aus Verhüttungsprozessen eingesetzt werden hervorragende Eigenschaft als Wand-, Decken- und Dachbaustoff 2) Je nach Art und Herkunft der Ausgangsstoffe erhöhte Radioaktivität möglich, die Radon-Exhalationsrate bleibt wegen der großen Materialdichte sehr gering. 3) Emissionsbelastung der Luft durch Brennvorgang 4) Wiederverwendung sofern zerstörungsfreier Ausbau und Entfernung von Mörtelteilen. Recycling von Ziegelbruch als Kies- und Schotterersatz oder, wenn sortenrein, als Zuschlag für Ziegelsplittbeton 5) Mit Polystyrolgranulat oder Sägespänen porosiert; Emission von Schadstoffen bei Brennvorgang und evtl. in geringem Umfang in der Nutzungszeit.	A 4/39 A 5/23
zu 4.3:	1) Geringe Radioaktivität möglich. 2) Emissionsbelastung der Luft durch Autoklavprozeß 3) Wiederverwendung sofern zerstörungsfreier Ausbau und Entfernung von Mörtelteilen. Recycling von Kalksandsteinbruch als Zuschlagstoff und als Schüttgut	A 5/23
zu 4.4:	1) Je nach Zuschlag erhöhte Radioaktivität möglich 2) Verwendung von Aluminiumpulver als Treibmittel (500 g/m³ fertiges Material) 3) Recycling zu Porenbetongranulat als Zuschlagstoff oder Wärmedämmschüttung.	A 5/24
zu 4.5:	1) Bei Verwendung von Zuschlägen aus Verhüttungsprozessen Schadstoffabgabe möglich. 2) Hohlblocksteine weisen, bezogen auf die vorhandene Radioaktivität, eine geringe Radon-Exhalationsrate auf. 3) Schadstoffabgabe möglich durch die Zementproduktion und die Verwendung von Zuschlägen aus Verhüttungsprozessen. 4) Recycling von Mauerwerksbruch als Zuschlagstoff und als Schüttgut	A 5/24
zu 4.6:	1) Bei Verwendung von Zuschlägen aus Verhüttungsprozessen Schadstoffabgabe möglich. 2) Hohlblocksteine weisen, bezogen auf die vorhandene Radioaktivität, eine geringe Radon-Exhalationsrate auf. 3) Schadstoffabgabe möglich durch die Zementproduktion und die Verwendung von Zuschlägen aus Verhüttungsprozessen. 4) Recycling von Mauerwerksbruch als Zuschlagstoff und als Schüttgut	A 5/24
zu 4.7:	1) Bei Verwendung von Zuschlägen aus Verhüttungsprozessen Schadstoffabgabe möglich. 2) Geringe Radioaktivität möglich. 3) Schadstoffabgabe möglich durch die Zementproduktion und die Verwendung von Zuschlägen aus Verhüttungsprozessen. 4) Recycling von Mauerwerksbruch als Kies und Schüttgut.	

Tabelle A8: Organische Feststoffparameter von Betondachsteinbruch und Zuordnungswerte Feststoff für Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteten Bauschutt /75/

Parameter	Einheit	Meßwert	Zuordnungswert Z 2 Bauschutt
1	2	3	4
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	910	1000 ¹⁾
Σ PAK n. EPA		< 0,8	75 (100) ²⁾
EOX		< 0,3	5
PCB (Summe 6)		< 1,3 ³⁾ (< 0,3) ⁴⁾	1

1) Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlußkriterium dar. Hiervon kann in der Regel dann ausgegangen werden, wenn es sich bei den Kohlenwasserstoffen um wenig mobile Verbindungen mit Kettenlängen > C25 handelt.

2) Im Einzelfall kann bis zu den in Klammern genannten Wert abgewichen werden.

3) unzureichende Nachweisgrenze

4) DIN 51 527 01

Tabelle A9: Eluatanalyse von Betondachsteinbruch und Zuordnungswerte Eluat für Boden und Recyclingbaustoffe/nicht aufbereiteten Bauschutt
/75/

Parameter	Einheit	Meßwert	Zuordnungswert Z 2 Bauschutt
1	2	3	4
pH- Wert ^{1) 3)}	-	11,8	7-12,5
elektrische Leitfähigkeit ³⁾	µs/cm	3360	3000
Chlorid	mg/l	2,7	150
Sulfat		17	600
Arsen	µg/l	< 1	50
Blei		< 1	100
Cadmium		< 0,5	5
Chrom (ges.)		10	100
Kupfer		10	200
Nickel		< 10	100
Quecksilber		< 1	2
Zink		10	400
Phenolindex ²⁾		< 1	100

1) Niedrigere pH-Werte stellen allein kein Ausschlußkriterium dar. Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen.

2) Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen. Höhere Gehalte, die auf Huminstoffe zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlußkriterium dar.

3) pH-Werte zwischen 9 und 13 sind bei zementgebundenen Baustoffen normal. Die Überschreitung der Leitfähigkeit wird bei zementgebundenen Baustoffen vornehmlich auf den hohen pH-Wert zurückgeführt.

**Untersuchung von Möglichkeiten zur Förderung von Recycling-
Bauprodukten für den Hochbau durch das Umweltzeichen**

- F+E-Vorhaben UBA 297 95 381 -

Abschlußbericht

B 2216/AB

ANHANG II

**Energiebilanz für (Recycling)Bauprodukte anhand des
„kumulierten Energieaufwandes für die Herstellung (KEA_H)“**

1 ZIEL

Anhand der im folgenden beispielhaft vorgestellten Aufstellung soll der Hersteller des Recyclingbauproduktes nachweisen, daß der Einsatz von Sekundärrohstoffen eine gesamtökologisch „intelligente“ Lösung darstellt. Hierzu ist nachvollziehbar der Nachweis zu erbringen, daß der Einsatz des Sekundärrohstoffes bzgl. des notwendigen Energieeinsatzes und daraus resultierender Emissionen aus:

- Herstellung (Aufbereitung) des Sekundärrohstoffes,
- Transport des Sekundärrohstoffes und
- Herstellung des Bauproduktes unter Verwendung des Sekundärrohstoffes (z. B. mehr Bindemittel, erhöhter Prozeßaufwand)

nicht zu einer, im Vergleich zum Bauprodukt aus Primärrohstoffen, erheblich schlechteren Lösung führt.

2 VORGEHENSWEISE

Der Nachweis ist anhand des, auf die betrachtete Produkteinheit bezogenen, kumulierten Energieaufwandes für die Herstellung (KEA_H) Der kumulierte Energieaufwand für die Herstellung (KEA_H) ist Teil des in der VDI-Richtlinie 4600 beschriebenen KEA-Konzeptes, bestehend aus

- KEA_H = kumulierte Energieaufwand für die Herstellung,
- KEA_N = kumulierte Energieaufwand für die Nutzung und
- KEA_E = kumulierte Energieaufwand für die Entsorgung.

Der KEA ist damit die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwandes für die Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produktes zu erbringen.

Im Hinblick auf die Bewertungslogik ist der KEA-Ansatz ein Schaden-Nutzen-Ansatz. Dem KEA-Ansatz wird in /57/ ein großes Vertrauenspotential zuerkannt, da viele Umweltwirkungen, wie der Treibhauseffekt, die Versauerung, die Ozonbildung, Lärm, human- und ökotoxische Effekte sowie der Ressourcenverbrauch mehr oder weniger direkt mit dem Energiebedarf gekoppelt sind.

Entscheidend für eine entsprechend der hier vorgegebenen Zieldefinition relevanten Endaussage sind die eindeutige Festlegung der Systemgrenzen und die Verwendung einer einheitlichen Datenbasis.

In Anlehnung an /22, 66/ wird vorgeschlagen, die Systemgrenzen entsprechend Bild B1 festzulegen, d. h.,

- den Energieträgerverbrauch,
- den Verbrauch an Grundstoffen einschließlich den Energieaufwand zu ihrer Herstellung
- sowie den Transportaufwand für Betriebs- und Grundstoffe
- bis zum Werkstor des Produktionsbetriebes

zu ermitteln.

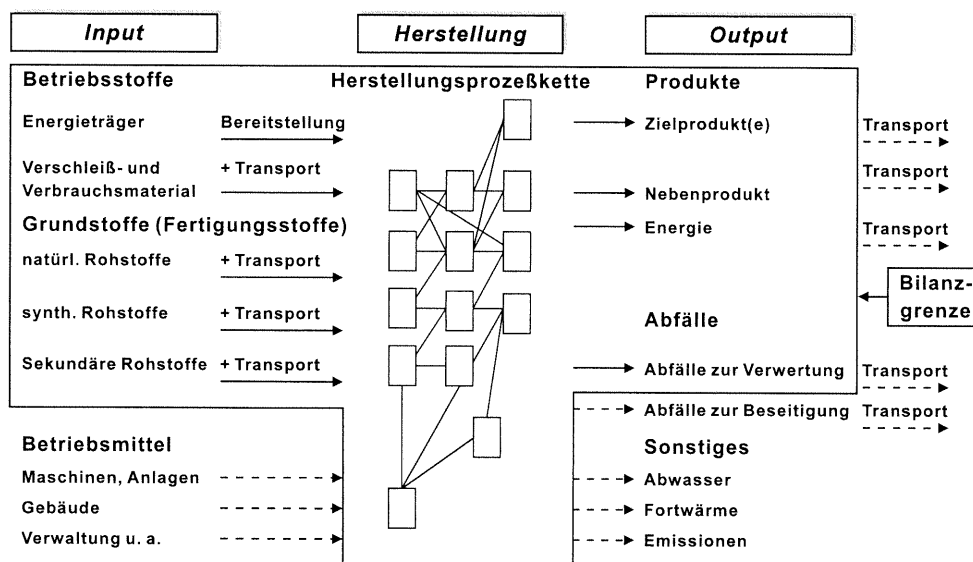


Bild B1: Systemgrenzen zur Ermittlung der Energie-Kennzahl /22, 66/

Nicht einbezogen werden damit analog zu /66/ der Energieaufwand, der in Betriebsmitteln wie Gebäuden, Maschinen u. ä. enthalten ist und ebenfalls nicht der Energieaufwand, der durch Verwaltung, Forschung, Entwicklung, Vertrieb u. ä. verursacht wird.

Innerhalb der Systemgrenzen werden alle Energieaufwendungen auf ihren jeweiligen Primärenergieeinsatz zurückgerechnet.

Bei der in /66/ beschriebenen Vorgehensweise sind für einen entsprechenden Erhebungszeitraum (z. B. 1 Jahr) gemäß Bild B2 alle Energieaufwendungen, umgerechnet auf ihren Primärenergieinhalt, für das Herstellwerk zu berechnen und auf die Produkteinheit zu beziehen.

Energie-einsatz	Energieträger (entsprechend Datenblatt 2)	Menge (in Einheiten entspr. Db 2)	X	Heizwert (Datenbank)	:	η Bereitstellung (Datenbank)	=	MJ	X	erneuerbarer Anteil (Datenbank)	=	MJ
Material-einsatz	Stoffart	Menge (in t)	X	KEA _H (Datenbank)			=	MJ	X	Heizwert (Datenbank) KEA _H	=	MJ
Fremdtransportaufwand		Menge (in t)	X	km (einfache Strecke)	:	Transport-faktor (Datenbank)	=	MJ				
Σ Brutto-Energie-Aufwand = 												
Energie-abgabe	Energieträger (entsprechend Datenblatt 2)	Menge (in Einheiten entspr. Db 2)	X	Heizwert (Datenbank)	=			MJ				
Abfälle zur Verwertung		Menge (in t)	X	Heizwert (in MJ/kg)	=			MJ				
Σ Netto-Energie-Aufwand = 												
Energie-kennzahl	Σ Netto-Energie-Aufwand	Masse des Produktes	X			Σ Masse der Zielprodukte und Nebenprodukte	=	MJ		Σ erneuerbarer Energieträgeranteile	=	MJ
Erneuerbare Anteile an Energie-Aufwand	Σ erneuerbarer Energieträger-anteile an Netto-Energie-Aufwand					Σ Netto-Energie-Aufwand	=	%		erneuerbarer Energieeinsatz		
	Σ erneuerbarer Energieeinsatz an Netto-Energie-Aufwand					Σ Netto-Energie-Aufwand	=	%		erneuerbarer Energieanteil am Materialeinsatz		

Bild B2: Berechnung der Energie-Kennzahl nach /66/

Grundsätzlich können für die Energieträger, den Transport und die Energieinhalte der Grundstoffe die in den Tabellen A10 bis A12 aufgeführten Werte verwendet werden. Liegen für Transporte oder Grundstoffe (z. B. rezyklierte Zuschläge) genauere (nachvollziehbare!) Werte vor, sind diese zu verwenden.

Tabelle A10: Heizwerte und weitere Kennwerte für verschiedene Energieträger
/22, 66/

Energieträger	Heizwert		Dichte	BNG ¹⁾	EE ²⁾
	-	Einheit	kg/dm ³	%	%
1	2	3	4	5	6
Elektrische Energie	-	-	-	31,1	4,6
Erdgas	35,2	MJ/m ³	0,97	93,5	0
Flüssiggas	46,3	MJ/kg	-	-	0
Diesel	42,8		0,72	90,1	0
Benzin	42,8		-	80,6	0
Heizöl EL	42,8		0,86	90,1	0
Heizöl S	40,7		0,86	87,0	0
Petrolkoks	29,3		-	93,9	0
Steinkohle	29,4		-	94,3	0
Braunkohle-Brikett	19,5		-	82,0	0
Braunkohlestaub	21,9		-	85,5	0
Rohbraunkohle	10,0		-	98,0	0
Biogas	23,3	MJ/m ³	-	82,6	100
Stückholz	13,0	MJ/kg	-	99,0	100
Hackschnitzel	16,5		-	94,3	100
Reststroh	12,5		-	99,0	100
Stroh-Cops	14,4		-	95,2	100
Bioäthanol	21,5		0,794	51,3	100

1) Bereitstellungsnutzungsgrad

2) erneuerbarer Energieanteil

- keine Angabe

Den in Tabelle A10 angegebenen Werten liegen die in Deutschland gegebenen Energiemixe (Bilder B3 bis B4) nach /22/ zugrunde.

Tabelle A11: Energieaufwendungen für Transporte (nach /22, 66/)

Transportart		Transportaufwand
		MJ/t · km
1	2	3
Lkw	nah	4,00
	fern	2,36
Bahn		0,49
Schiff	Binnen	0,57
	Übersee	0,11

Bei der in /66/ beschriebenen Vorgehensweise sind für einen entsprechenden Erhebungszeitraum (z. B. 1 Jahr) gemäß Bild B2 alle Energieaufwendungen, umgerechnet auf ihren Primärenergieinhalt, für das Herstellwerk zu berechnen und auf die Produkteinheit zu beziehen. Will man nun zu einem Vergleich der Energieaufwendungen des Baustoffes mit Sekundärrohstoffen mit dem eines entsprechenden Baustoffes ohne Sekundärrohstoffe kommen, sind zunächst grundsätzlich zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Der Produzent stellt bereits Bauprodukte ohne Sekundärrohstoffe her. In diesem Fall kann der Vergleich für die betrachtete Produktionsstätte vorgenommen werden.
2. Der Produzent hat seine Produktion eigens für die Herstellung des Bauproduktes mit Sekundärrohstoffen aufgebaut. In diesem Fall müßten „belastbare“ Literaturdaten zum Vergleich herangezogen werden.

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/

Stoffbezeichnung	Liefer-dichte	KEA _H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Acryldispersion	1,10	15,00	
Acryllack	1,10	38,70	
Altglas			
fremdzerkleinert		0,50	
selbstzerkleinert		0,00	
Altpapier			
fremdzerkleinert	1,20	7,20	7,05
selbstzerkleinert	1,20	7,05	7,05
Aluminiumfolie	2,69	170,00	
Aluminiumpaste		182,70	
Aluminiumpulver		226,90	
Aluminiumsulfat		16,00	
Anhydrit			
natürliches	2,90		
Eigengewinnung	2,90	0,00	
Fremderzeugung		0,06	
synthetisches	1,00	3,80	
aus Naturanhydrit	1,00	0,60	
Bariumcarbonat		18,00	
Baumwolle		21,90	13,90
Baustahl	7,85	30,10	
Betonrecyclat			
fremdzerkleinert	2,20	0,50	
selbstzerkleinert	2,20	0,00	

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Bims			
Hüttenbims	0,60	0,05	
Naturbims			
Eigengewinnung	0,60	0,00	
Fremderzeugung	0,60	0,05	
Schaumlava			
Eigengewinnung	0,60	0,00	
Fremderzeugung	0,60	0,05	
Bitumen	1,00	40,00	
Blähglas (aus Altglas)		6,50	
Blähglimmer (Vermiculit)	0,08	5,90	
Blähperlite	0,07	8,50	
Blähschiefer	0,60	5,50	
Blähton	0,60	3,40	
Branntkalk(Weißfeinbranntkalk)	0,50	4,41	
Cellulose			
aus Altpapier		18,40	13,90
aus Holz			
Sulfatzellstoff, gebleicht		34,00	13,90
Sulfatzellstoff, ungebleicht		31,40	13,90
Dachsteinbruch (Beton)			
fremdzerkleinert		0,50	
selbstzerkleinert		0,00	
Dekorfarbe		15,00	
Dolomitmehl	1,20	0,65	
Eisenoxidpigment		5,50	
Epoxidharz		68,00	

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Feldspat		0,20	
Gips			
Naturgips			
Eigengewinnung	1,30	0,00	
Fremderzeugung	1,30	0,06	
REA-Gips	1,00	0,16	
Stuckgips / Gips-Halbhydrat	1,00	1,50	
Glasfilamente		50,00	
Holz			
Bauschnittholz	0,50	14,70	13,50
Brettschichtholz	0,45	29,90	13,50
Furnierschichtholz	0,50	31,70	13,50
Holzschliffasern		26,00	13,50
Holzwolle		15,50	13,50
Recyclat			
fremdzerkleinert	0,50	14,00	13,50
selbstzerkleinert	0,50	13,50	13,50
Sägespäne, Sägemehl		15,50	13,50
Schnittholz	0,47	17,30	13,50
Stammholz			
Laubholz	0,90	13,80	13,50
Nadelholz	0,68	14,10	13,50
Hüttensand	1,00	0,05	
Hüttensandmehl		0,70	
Kalk			
Branntkalk	0,50	4,41	
Kalkhydrat	0,50	4,00	

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Kalkstein			
Eigengewinnung	1,60	0,00	
Fremderzeugung	1,60	0,08	
Kalksteinmehl	1,20	0,65	
Kies			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	
Kohlenstoffpulver		33,50	
Kohlestaub (Braunkohle)		25,60	
Korkrinde	0,20	30,00	25,00
Korkschat	0,10	47,00	25,00
Korrosionsschutzmittel			
auf Bitumenbasis	1,20	43,00	
auf Zementlatexbasis		20,00	
Wasserlack	1,40	10,00	
Kunststoffasern			
Dralon		90,00	
Nylon		90,00	
Lehm			
Eigengewinnung	1,60	0,00	
Fremderzeugung	1,60	0,05	
MDI (Diphenylmethan Diisocyanat)		110,00	
Melaminharz		85,00	
Mergel			
Eigengewinnung	2,40	0,00	
Fremderzeugung	2,40	0,05	
Methylcellulose		42,00	

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Natriumbisulfat		18,50	
Natriumcarbonat		7,70	
Naturstein			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,17	
Natursteinmehl			
Dolomitmehl		0,65	
Gesteinsmehl		0,70	
Kalksteinmehl		0,65	
Schiefermehl		0,70	
Traß	0,85	0,70	
Papier			
holzfrei	1,20	43,90	7,05
holzhaltig	1,20	33,10	7,05
Recyclingpapier	1,20	15,10	7,05
Papierfangstoffe			3,55
Perlite			
Eigengewinnung		0,00	
Fremdgewinnung		0,05	
Pflanzenfasern		25,90	13,90
Polyester-Harz		70,00	
Polyethylen			
Folie 200 mm	0,96	85,40	
HDPE	0,96	81,00	
LDPE	0,92	88,60	

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Polystyrol			
EPS 015	0,02	75,30	
EPS 020	0,02	73,30	
EPS 030	0,03	71,30	
PS extrudiert	0,04	95,30	
EPS Perlen 015	0,02	75,30	
EPS Perlen 020	0,02	73,30	
EPS Perlen 030	0,03	71,30	
Polystyrol-Recyclat			
fremdzerkleinert	0,01	0,05	
selbstzerkleinert	0,01	0,00	
Polyurethan			
-Harz	1,05	70,00	
-Hartschaum	0,03	100,00	
-Weichschaum	0,03	98,30	
Portlandzement, nicht spezifiziert	1,10	5,20	
Quarzmehl		0,80	
Quarzsand			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	
getrocknet, DIN 4226-1		0,50	
Rohbaumwolle		21,90	13,90
Sägemehl, Sägespäne		15,50	13,50

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Sand			
Brech-		0,05	
Natur-			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	
Quarz-			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	
Schafwolle, Import aus Australien	0,03	16,00	9,00
Schaumlava			
Eigengewinnung	0,60	0,00	
Fremderzeugung	0,60	0,05	
Schiefergranulat fremdzerkleinert		0,07	
Schilf	0,25	14,90	12,50
Silicagel		45,00	
Soda (Natriumcarbonat)	1,45	7,70	
Speisestärke		2,40	
Steinkohle-Flugasche	0,95	0,03	
Stroh	0,15	12,60	12,50
Styrol-Acrylnitril-Butadien-Copoly- merisat	84,00		
Styrol-Acrylnitril-Copolymerisat		80,00	
Ton			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	

1) erneuerbarer Stoffe

Tabelle A12: Stoffliste der Grundstoffe in der Datenbank mit Primärenergie-Inhalt (KEA_H) nach /66/ (Fortsetzung)

Stoffbezeichnung	Liefer- dichte	KEA_H	Heizwert ¹⁾
	kg/dm ³	MJ/kg	MJ/kg
1	2	3	4
Tonschiefer			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	
Traß	0,85	0,72	
Tuff			
Eigengewinnung		0,00	
Fremderzeugung		0,05	
Tuffmehl (Traß)	0,85	0,72	
Wasserglas		1,80	
Zellstoff (Sulfatzellstoff, ungebleicht)		31,40	13,90
Zement			
Hochofen-	1,00	4,40	
Portland-			
CEM I 32,5	1,10	5,00	
CEM I 42,5	1,10	5,11	
CEM I 52,5	1,10	5,16	
nicht spezifiziert	1,10	5,20	
Ziegelmehl		0,70	
Ziegelsplitt			
fremdzerkleinert		0,50	
selbstzerkleinert		0,00	
Zinkstearat		16,00	

1) erneuerbarer Stoffe

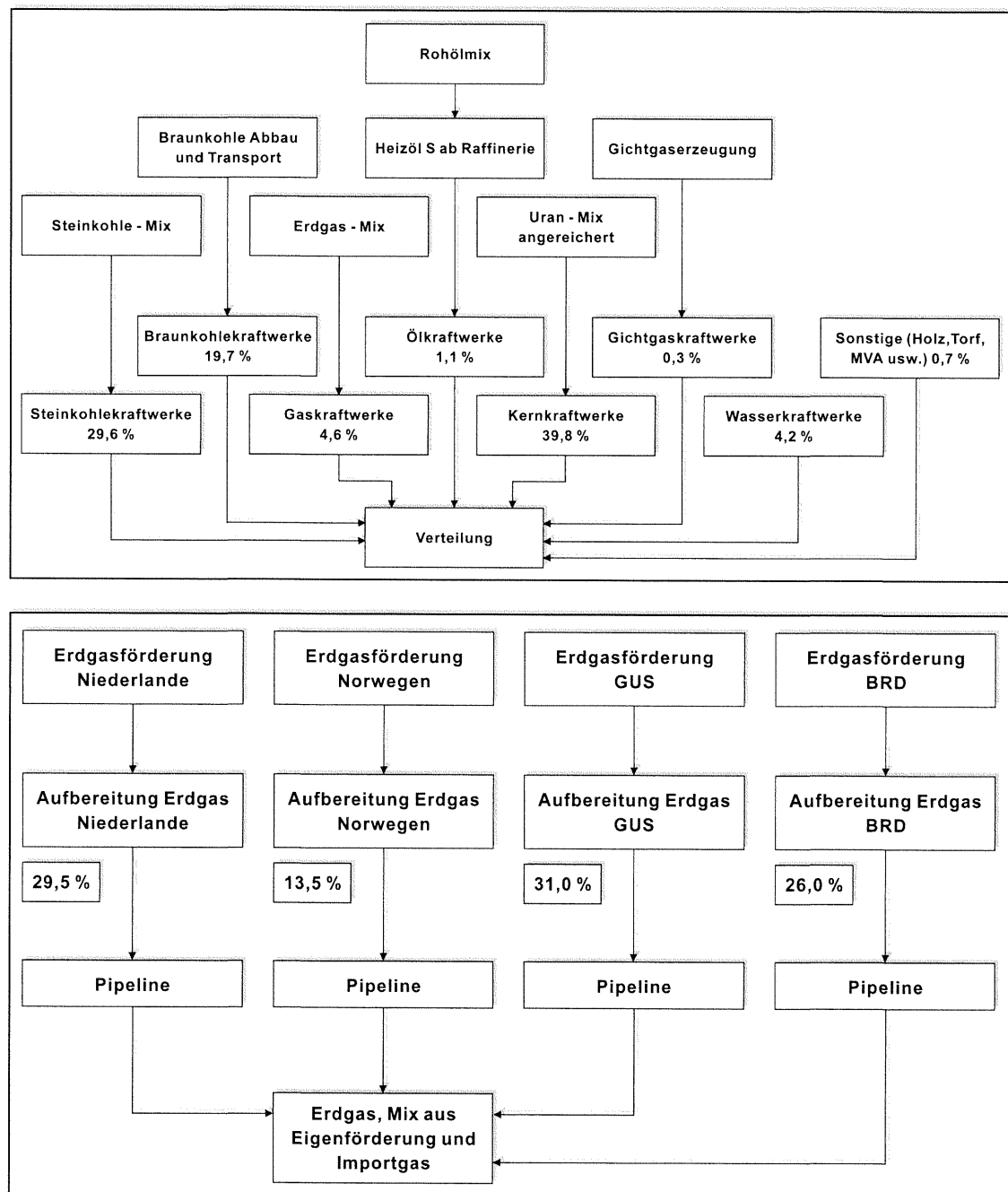


Bild B3: Elektrizitätsmix (oben) und Erdgasmix (unten) in Deutschland nach /22/

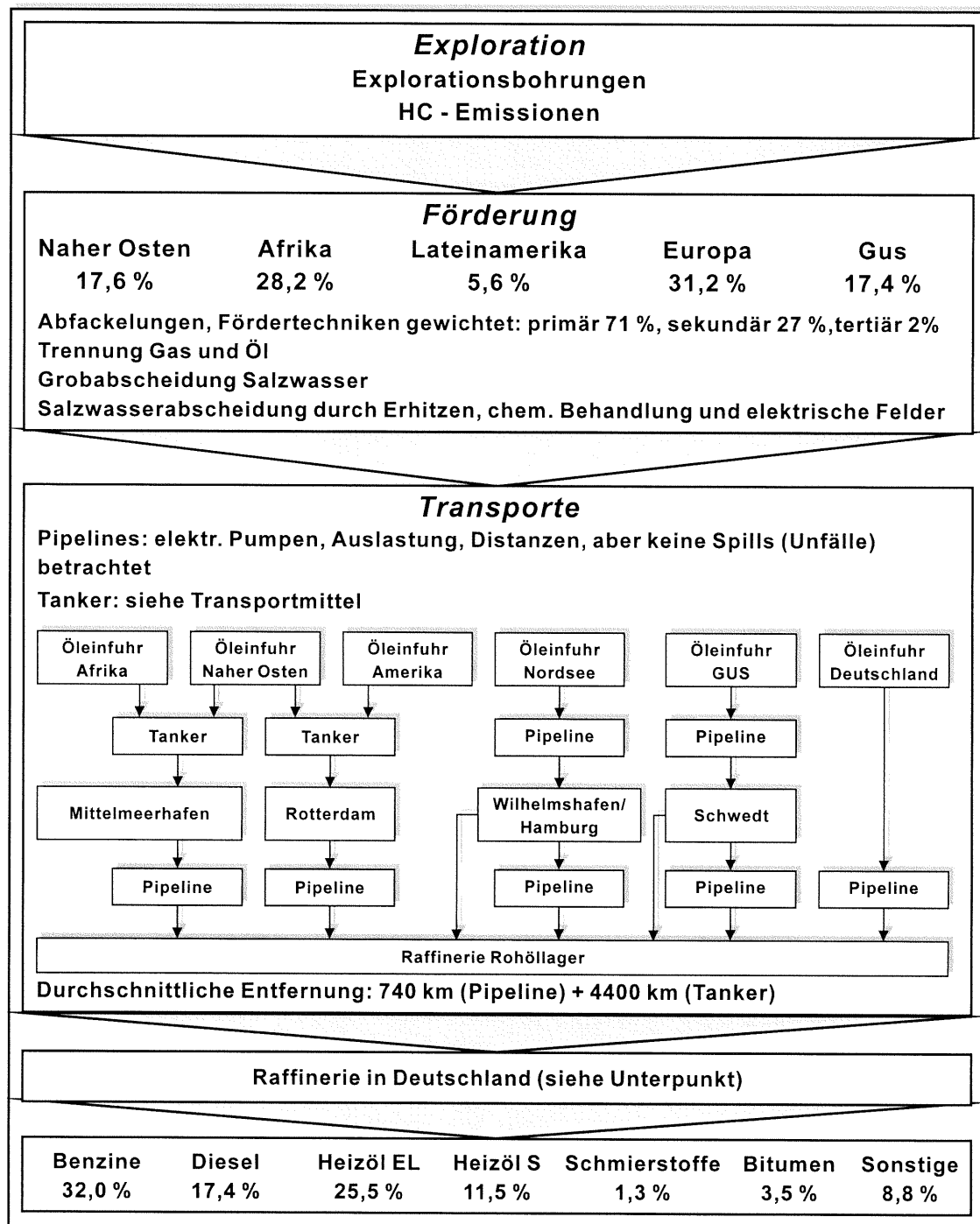


Bild B4: Heizölmix in Deutschland nach /22/

3 ERLÄUTERUNGEN

Im folgenden wird die erste Möglichkeit, die der Regelfall sein dürfte, am Beispiel von 1 m³ Transportbeton mit rezyklierten Zuschlägen erläutert.

Berechnung für 1 m³ Transportbeton (unbewehrt)
eingesetzter Sekundärrohstoff: rezyklierter Zuschlag

Auch hier sind wiederum zwei Möglichkeiten zu unterscheiden:

1. Berechnung für das Herstellwerk und einen bestimmten Bilanzierungszeitraum (z. B. 1 a) für

- Produktion ausschließlich von Transportbeton (Menge: a m³) mit Primärzuschlägen (Ergebnis A = x MJ/m³) sowie
- Produktion von Transportbeton mit Primärzuschlägen und rezyklierten Zuschlägen (Menge: b m³ = c m³ Transportbeton mit Primärzuschlägen + d m³ Transportbeton mit rezyklierten Zuschlägen)¹ (Ergebnis B = x MJ/m³)

Für den Fall $B \leq A$ gilt der Nachweis als erbracht.

Für den Fall $B > 1,1 \cdot A$ wurde der Nachweis in jedem Fall nicht erbracht.

Für den Fall $A < B \leq 1,1 \cdot A$ muß B auf die produzierte Betonmenge mit rezyklierten Zuschlägen umgerechnet werden:

$$B^* = ((B \cdot b) - (A \cdot c)) / d$$

$$B^* \leq 1,1 \cdot A \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

$$B^* > 1,1 \cdot A \rightarrow \text{Nachweis nicht erbracht}$$

2. Berechnung für 1 m³ Transportbeton

- Berechnung für 1 m³ Transportbeton mit Primärzuschlägen (Ergebnis A = x MJ/m³)
- Berechnung für 1 m³ Transportbeton mit rezyklierten Zuschlägen (Ergebnis B = x MJ/m³)

Bei dieser Vorgehensweise wird der Energieträgereinsatz für die Herstellung des Betons (Mischen, Wärmen etc.) aus vorliegenden Erfahrungswerten, bereits bezogen auf die Produkteinheit (hier: 1 m³ Transportbeton) für beide Berechnungen in gleicher Weise herangezogen. Der Materialeinsatz und die zu-

¹ in der Regel dürfte a = b sein

gehörigen KEA sowie Transportaufwendungen für die eingesetzten Stoffe werden entsprechend der betrachteten Betonrezepturen in Ansatz gebracht.

In diesem Fall gilt:

$B \leq 1,1 \cdot A \rightarrow$ Nachweis erbracht

$B > 1,1 \cdot A \rightarrow$ Nachweis nicht erbracht

In beiden Fällen wird vorgeschlagen, keine Unterscheidung in erneuerbare und nicht erneuerbare Energie vorzunehmen.

Energieaufwendungen für die Herstellung nach /7/:

- Elektrische Energie: 0,89 kWh/t
- Energieträgereinsatz: 0,057 l/t Heizöl EL

Tabelle A13: Beispiele für Betonrezepturen ohne (Spalte 1) und mit rezyklierten Zuschlägen (Spalte 2)

Beton mit Primärzuschlag					Beton mit Sekundärzuschlag (Beispiel)																																																																																				
1					2																																																																																				
<table><tr><td colspan="2">Komponente</td><td>MV</td><td>(Roh)Dichte</td><td>Volumen</td></tr><tr><td>-</td><td>kg/m³</td><td></td><td>kg/m³</td><td>m³/m³</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>CEM I 32,5 R</td><td>320</td><td>1.0</td><td>3100</td><td>0.103</td></tr><tr><td>Wasser</td><td>176</td><td>0.55</td><td>1000</td><td>0.176</td></tr><tr><td>Kiessand</td><td>1856</td><td>5.8</td><td>2630</td><td>0.706</td></tr><tr><td colspan="4">Luft</td><td>0.015</td></tr><tr><td>Summe</td><td>2352</td><td colspan="2"></td><td>1.000</td></tr></table>					Komponente		MV	(Roh)Dichte	Volumen	-	kg/m³		kg/m³	m³/m³	1	2	3	4	5	CEM I 32,5 R	320	1.0	3100	0.103	Wasser	176	0.55	1000	0.176	Kiessand	1856	5.8	2630	0.706	Luft				0.015	Summe	2352			1.000	<table><tr><td colspan="2">Komponente</td><td>MV</td><td>(Roh)Dichte</td><td>Volumen</td></tr><tr><td>-</td><td>kg/m³</td><td></td><td>kg/m³</td><td>m³/m³</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>CEM I 32,5 R</td><td>352</td><td>1.0</td><td>3100</td><td>0.114</td></tr><tr><td>Wasser</td><td>176</td><td>0.50</td><td>1000</td><td>0.176</td></tr><tr><td>Zuschlag</td><td>1737</td><td>4.9</td><td>2498</td><td>0.695</td></tr><tr><td colspan="4">Luft</td><td>0.015</td></tr><tr><td>Summe</td><td>2265</td><td colspan="2"></td><td>1.000</td></tr></table>					Komponente		MV	(Roh)Dichte	Volumen	-	kg/m³		kg/m³	m³/m³	1	2	3	4	5	CEM I 32,5 R	352	1.0	3100	0.114	Wasser	176	0.50	1000	0.176	Zuschlag	1737	4.9	2498	0.695	Luft				0.015	Summe	2265			1.000
Komponente		MV	(Roh)Dichte	Volumen																																																																																					
-	kg/m³		kg/m³	m³/m³																																																																																					
1	2	3	4	5																																																																																					
CEM I 32,5 R	320	1.0	3100	0.103																																																																																					
Wasser	176	0.55	1000	0.176																																																																																					
Kiessand	1856	5.8	2630	0.706																																																																																					
Luft				0.015																																																																																					
Summe	2352			1.000																																																																																					
Komponente		MV	(Roh)Dichte	Volumen																																																																																					
-	kg/m³		kg/m³	m³/m³																																																																																					
1	2	3	4	5																																																																																					
CEM I 32,5 R	352	1.0	3100	0.114																																																																																					
Wasser	176	0.50	1000	0.176																																																																																					
Zuschlag	1737	4.9	2498	0.695																																																																																					
Luft				0.015																																																																																					
Summe	2265			1.000																																																																																					
					<table><tr><td colspan="4">Zuschlag</td><td>Beton</td></tr><tr><td></td><td>m³/m³</td><td>t/t</td><td>Rohdichte</td><td>kg/m3</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>Kiessand</td><td>0.6</td><td>0.63</td><td>2630</td><td>1097</td></tr><tr><td>RC-Zuschlag</td><td>0.4</td><td>0.37</td><td>2300</td><td>640</td></tr><tr><td colspan="3">Mittlere Rohdichte</td><td>2498</td><td>1737</td></tr></table>					Zuschlag				Beton		m³/m³	t/t	Rohdichte	kg/m3	1	2	3	4	5	Kiessand	0.6	0.63	2630	1097	RC-Zuschlag	0.4	0.37	2300	640	Mittlere Rohdichte			2498	1737																																																		
Zuschlag				Beton																																																																																					
	m³/m³	t/t	Rohdichte	kg/m3																																																																																					
1	2	3	4	5																																																																																					
Kiessand	0.6	0.63	2630	1097																																																																																					
RC-Zuschlag	0.4	0.37	2300	640																																																																																					
Mittlere Rohdichte			2498	1737																																																																																					

Tabelle A14: KEA_H verschiedener Betonausgangsstoffe

Grundstoff	KEA _H	Quelle
	MJ/t	
1	2	3
Zement CEM I 32,5 R	5000	/66/ ¹⁾
Kiessand	50	/66/ ¹⁾
Splitt	115	/7/
Rezyklierter Zuschlag ²⁾	63	nach Herstellerangabe

1) Die in /66/ zusammengestellten Daten basieren im wesentlichen auf /7/

2) Für den rezyklierten Zuschlag wurde überschlägig angenommen, daß zu seiner Aufbereitung 4,78 kWh/t elektrische Energie und 0,22 l/t Diesel verbraucht werden (diese Angaben basieren auf der Aufstellung einer Bauschutttaufbereitungsanlage bezüglich der in einem Zeitraum von 4 Monaten - Mai bis August - verbrauchten elektrischen Energie, der verbrauchten Menge an Dieselmotorkraftstoff und der produzierten Zuschlagmenge. Die Werte wurden auf der Basis der in Tabelle A9 angegebenen Daten in KEA_H umgerechnet.

Tabelle A15 zeigt die grundsätzliche Verteilung der Energieanteile zur Herstellung von 1 m³ Beton (unbewehrt).

Tabelle A15: KEA_H für 1 m³ Beton (unbewehrt) nach der Zusammensetzung in Tabelle A13, Spalte 1

Anteil		KEA _H		
		MJ/t	MJ/m ³	%
1	2	3	4	5
Herstellung ¹⁾	EE	10	24	1,09
	Heizöl EL	2,3	5	0,25
Grundstoffe	CEM I 32,5 R	5000	1600	74,18
	Kiessand	50	93	4,30
Transport	CEM I 32,5 R (50 km)	-	64	2,97
	Kiessand (50 km)	-	371	17,21
Summe			2157	

Die Bilder B5 bis B8 zeigen den Einfluß der Transportentfernung, der eingesetzten Zementmenge, des Gehaltes rezyklierter Zuschläge sowie der für die Aufbereitung eingesetzten Energie auf die Produkteinheit „1 m³ unbewehrter Beton“, wenn jeweils alle anderen Parameter konstant gehalten werden. In der Realität werden sich diese Parameter zwangsläufig gegenseitig beeinflussen, da z. B. ein evtl. zusätzlicher Zementverbrauch mit steigendem Gehalt des rezyklierten Zuschlags einhergehen wird. Bei isolierter Betrachtung erkennt man, daß unter den o. g. Randbedingungen der „Grenzwert“ einer Erhöhung des KEA_H für 1 m³ unbewehrten Beton von plus 10 % durch:

- eine Erhöhung der Transportentfernung (LKW) um den Faktor 5
- eine Erhöhung des Zementeinsatzes um den Faktor 1,14
- einen Zuschlaggehalt, bei vierfacher Transportentfernung (LKW), von rd. 50 Vol.-% sowie
- eine, im Vergleich zu Kiessand, um den Faktor 8 höhere Aufbereitungsenergie erreicht würde.

Im Vergleich zu einem Primärbeton gemäß Tabelle A13, Spalte 1 und Tabelle A15 mit einem KEA_H von 2343 MJ/m³ hätte ein Beton mit 40 Vol.-% Sekundärzuschlägen, 10 M.-% mehr Zement, einem Energieaufwand für die Aufbereitung von 200 MJ/t und einer Transportentfernung von 20 km (vgl. auch Tabelle A13, Spalte 2) einen KEA_H von 2312 MJ/m³ (Tabelle A16).

Tabelle A16: KEA_H für 1 m^3 Beton (unbewehrt) ohne (**Primärer Beton**) und mit rezykliertem Zuschlag (**Sekundärer Beton**) nach der Zusammensetzung in Tabelle A13

Anteil		PB			SB	
		KEA _H				
		MJ/t	MJ/m ³	%	MJ/m ³	%
1	2	3	4	5	6	7
Herstellung ¹⁾	EE	10	24	1,09	23	0,98
	Heizöl EL	2,3	5	0,25	5	0,23
Grundstoffe	CEM I 32,5 R	5000	1600	74,18	1760	76,1
	Kiessand	50	93	4,30	55	2,37
	Rezyklierter Zuschlag	200	-	-	128	5,54
Transport	CEM I 32,5 R (50 km)	-	64	2,97	70,4	3,05
	Kiessand (50 km)	-	371	17,21	219	9,49
	RZ ²⁾ (20 km)	-	-	-	51	2,21
Summe			2157		2312	
			rel		1,07 ³⁾	

1) Bezug: 1t Frischbeton

2) Rezyklierter Zuschlag

3) $KEA_{H, SB} / KEA_{H, PB}$

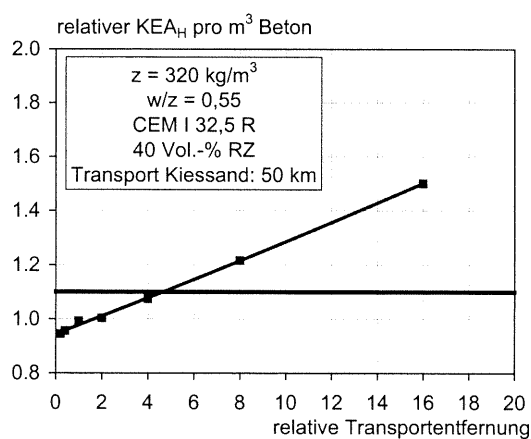


Bild B5: Einfluß der Transportentfernung für rezyklierte Zuschläge auf den KEA_H von 1 m^3 unbewehrtem Beton

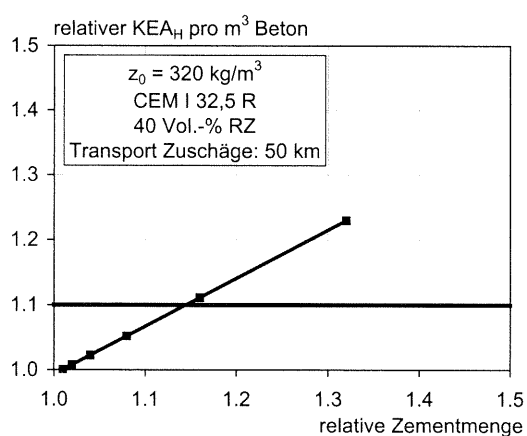


Bild B6: Einfluß der Zementmenge auf den KEA_H von 1 m^3 unbewehrtem Beton

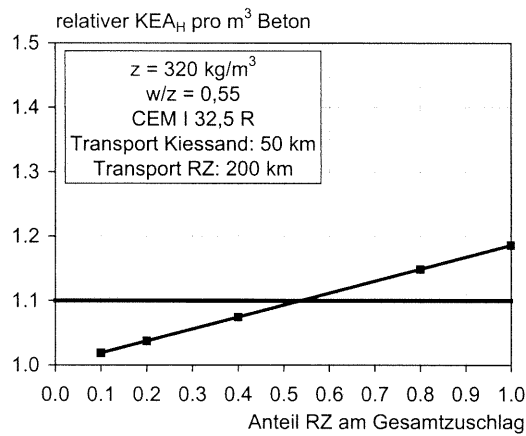


Bild B7: Einfluß des Gehaltes rezyklierter Zuschläge auf den KEA_H von 1 m^3 unbewehrtem Beton

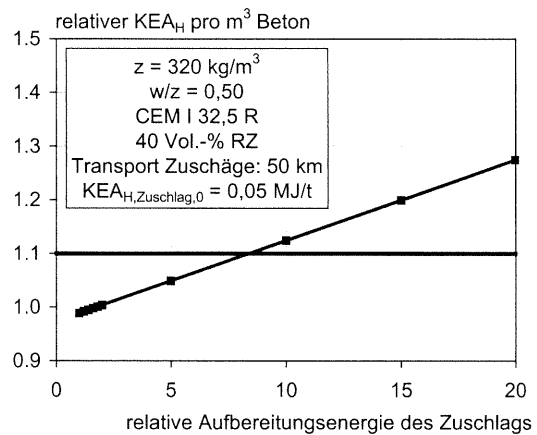


Bild B8: Einfluß der Aufbereitungsenergie für rezyklierte Zuschläge auf den KEA_H von 1 m^3 unbewehrtem Beton

