

# Texte

Texte

**06  
05**

ISSN  
0722-186X

**Gesundheits- und  
Umweltkriterien bei der  
Umsetzung der EG-  
Bauprodukten-Richtlinie  
(BPR)**

**Umwelt  
Bundes  
Amt**



Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 62 311  
UBA-FB 000794



**Gesundheits- und  
Umweltkriterien bei der  
Umsetzung der EG-  
Bauprodukten-Richtlinie  
(BPR)**

von

**Dipl.-Ing. Renate Ehrnsperger  
Dipl.-Chem. Wolfgang Misch**

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.umweltbundesamt.de>  
verfügbar.

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 1.4  
Outi Ilvonen

Berlin, Mai 2005

1.	Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4.	Titel des Berichts <b>Gesundheits- und Umweltkriterien bei der Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie</b>		
5.	Autor(en), Name(n), Vorname(n) <b>Ehrnsperger, Renate; Misch, Wolfgang</b>	8.	Abschlussdatum <b>30.04.2004</b>
6.	Durchführende Institution (Name, Anschrift)  <b>Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)</b> <b>Kolonnenstr. 30 L</b> <b>10829 Berlin</b>	9.	Veröffentlichungsdatum <b>Februar 2005</b>
7.	Fördernde Institution (Name, Anschrift)  <b>Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, 14191 Berlin</b>	10.	UFOPLAN-Nr. <b>200 62 311</b>
		11.	Seitenzahl <b>206</b>
12.	Literaturangaben <b>208</b>		
13.	Tabellen und Diagramme <b>32</b>		
14.	Abbildungen <b>6</b>		
15.	Zusätzliche Angaben		
16.	Zusammenfassung  Gegenwärtig und in den nächsten Jahren wird – im Zuge der Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie (BPR) – eine Vielzahl von harmonisierten europäischen Normen und technischen Zulassungen für Bauprodukte von den zuständigen europäischen Gremien erarbeitet und der öffentlichen Hand zur Prüfung vorgelegt. Nach den Vorgaben der BPR sind dabei neben den traditionellen Anforderungen wie Standsicherheit oder Brandverhalten auch Anforderungen an Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz gleichberechtigt zu berücksichtigen.  Zur Einbringung dieser Aspekte in den oben erwähnten Prozess wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens ein <b>Konzept zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz"</b> entwickelt, das auf den gegenwärtigen Stand der europäischen und nationalen Aktivitäten aufbaut. Für ausgewählte Bauprodukte wurden ausgehend von der Zusammensetzung und der Freisetzung von gefährlichen Stoffen konkrete Handlungsempfehlungen erarbeitet, die in der zweiten Generation der harmonisierten europäischen Normen und technischen Zulassungen berücksichtigt werden sollten.  Als Beispiel für eine Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser wurden die mandatierten <b>Betonausgangsstoffe</b> Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe und Betonzusatzmittel betrachtet. Anhand der Zusammensetzung der einzelnen Ausgangsstoffe, dem bekannten Einsatz von Abfällen und den Ergebnissen von Auslaugversuchen wurde die Freisetzung von gefährlichen Stoffen dargestellt. Die Ergebnisse der Auslaugversuche werden mit Hilfe des für den deutschen Zulassungsbereich geltenden DIBt-Merkblatts zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser bewertet. Aufgrund dieser Bewertung wurden Aussagen zur Umweltverträglichkeit, dem weiteren Untersuchungsbedarf und konkrete Empfehlungen zur Berücksichtigung des Gesundheits- und Umweltschutzes in der zweiten Generation der technischen Spezifikationen getroffen. Für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in den Innenraum wurden beispielhaft die <b>Bodenbeläge</b> ausgewählt. Die Vielzahl der eingesetzten Materialien wird anhand der Zusammensetzung der Beläge dargestellt. Die Auswertung von Emissionsmessungen liefert Hinweise auf eine Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Bodenbelägen. Anhand des deutschen Konzepts zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von VOC und SVOC aus Bauprodukten werden ebenso wie bei den Betonausgangsstoffen konkrete Empfehlungen für die Berücksichtigung von Gesundheits- und Umweltschutzkriterien in den technischen Spezifikationen ausgesprochen. Eine tabellarische Übersicht aller mandatierten Bauprodukte liefert Hinweise zu einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus der Vielzahl der eingesetzten Materialien.		
17.	Schlagwörter  Bauproduktenrichtlinie, technische Spezifikation, Mandat, wesentliche Anforderung Nr. 3, Betonausgangsstoffe, Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe, Betonzusatzmittel, Auslaugung, Schwermetalle, Bodenbeläge, Emissionen, flüchtige organische Verbindungen, VOC, SVOC, AgBB-Bewertungsschema, Handlungsempfehlungen		
18.	Preis	19.	20.

1.	Report No. UBA-FB	2.	3.
4.	Report Title <b>Implementation of Health and Environmental Criteria in Technical Specifications for Construction Products</b>		
5.	Autor(s), Family Name(s), First Name(s) <b>Ehrnsperger, Renate; Misch, Wolfgang</b>	8.	Report Date <b>30.04.2004</b>
6.	Performing Organisation (Name, Address)  <b>Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) Kolonnenstr. 30 L 10829 Berlin</b>	9.	Publication Date <b>February 2005</b>
7.	Funding Agency (Name, Address)  <b>Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 33 00 22, 14191 Berlin</b>	10.	UFOPLAN-Ref. No. <b>200 62 311</b>
12.		11.	No. of Pages <b>206</b>
13.		14.	No. of References <b>208</b>
14.		15.	No. of Tables, Diagrams <b>32</b>
15.	Supplementary Notes		
16.	Abstract  At present and also within the next years a variety of harmonised European standards and technical approvals for construction products is being and will be – in the scope of the implementation of the Construction Products Directive (CPD) – elaborated by the relevant European bodies and submitted to the public for examination. As stipulated in the CPD equal consideration has to be given to both the traditional essential requirements, such as stability and reaction to fire, and to the requirements for hygiene, health and the environment.  For the purpose of including these aspects into the above process this research project concentrated on the development of an <b>approach for the implementation of the essential requirement N° 3 "Hygiene, health and the environment"</b> basing on the current situation of European and national activities. Concrete recommendations were elaborated for selected construction products for handling them with regard to their composition and release of dangerous substances, which should be taken into consideration in the second generation of the harmonised European standards and technical approvals.  The mandated <b>materials of concrete</b> - cement, aggregates, concrete additives and concrete admixtures - were considered with regard to their release of dangerous substances into soil and ground water. The release of dangerous substances was evaluated on the basis of the composition of the material, the known use of waste materials and the results of leaching tests. The results of the leaching tests were assessed by means of the DIBt-Guideline "Assessment of the effects of construction products on soil and groundwater". Based on this assessment, statements on the environmental effects and on the further need for examinations as well as concrete recommendations for taking into account health and environmental criteria in the second generation of the technical specifications are made. <b>Floorings</b> were examined as an example for the release of dangerous substances into the indoor air. The variety of the materials used is demonstrated on the basis of the composition of the coverings. The evaluation of emission tests gives evidence of a release of dangerous substances by floorings. Based on the German concept for a health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emission from construction products, specific recommendations are made – as in the case of the materials of concrete – for taking into account health and environmental criteria in the technical specifications. A tabular survey of all mandated construction products points to a possible release of dangerous substances from the variety of the materials used.		
17.	Keywords		
	Construction Products Directive, Essential requirement No. 3, mandate, technical specification, materials of concrete, cement, aggregates, concrete additives, concrete admixtures, leaching, heavy metals, floorings, emissions, volatile organic compounds, VOC, SVOC, AgBB-Assessmentscheme, recommendations		
18.	Price	19.	20.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung .....	1
2	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	4
2.1	Europäische Regelungen .....	4
2.1.1	EG-Bauproduktenrichtlinie (BPR).....	4
2.1.2	Grundlagendokument Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" .....	6
2.1.3	Leitpapier H .....	7
2.2	Nationale Regelungen .....	9
3	Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz".....	9
3.1	Stand der Umsetzung .....	9
3.1.1	EU-Datenbank für geregelte Stoffe .....	11
3.1.2	Mandat an CEN zur Erarbeitung von horizontalen Prüfmethoden für gefährliche Stoffe 12	
3.1.3	Diskussion der gegenwärtigen Umsetzungsaktivitäten .....	13
3.2	Lösungsansatz zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen .....	15
4	Vorgehensweise zur Erarbeitung von Gesundheits- und Umweltkriterien für ausgewählte Bauprodukte .....	19
5	Betonausgangsstoffe als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser.....	22
5.1	Rahmenbedingungen.....	22
5.2	Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser (Auslaugungsverfahren) .....	25
5.2.1	Schütteltests .....	25
5.2.2	Standtests (Trogverfahren).....	27
5.2.2.1	Kurzzeitstandtests .....	28
5.2.2.2	Langzeitstandtests .....	30
5.3	Konzepte zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser.....	32
5.3.1	Allgemeines .....	32
5.3.2	DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser) .....	32
5.3.3	Niederländischer Baustoffbeschluss (Building Materials Decree) .....	38
5.3.4	Gegenüberstellung DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser und Niederländischer Baustoffbeschluss.....	39
5.4	Mandat 114 – Zemente, Baukalke und andere hydraulische Bindemittel .....	41
5.4.1	Zement - Allgemeines .....	43
5.4.2	Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Zement.....	44
5.4.2.1	Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen .....	44
5.4.2.2	Freisetzung von organischen Stoffen .....	45
5.4.2.3	Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch den Einsatz von Abfällen ..	46
5.4.2.4	Gehalt an Chromat .....	50
5.4.3	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Zement .....	51

5.5	Mandat 125 – Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen) .....	52
5.5.1	Normale Gesteinskörnungen.....	55
5.5.1.1	Natürliche Gesteinskörnungen.....	55
5.5.1.2	Industriell hergestellte (künstliche) Gesteinskörnungen .....	56
5.5.2	Schwere Gesteinskörnungen .....	59
5.5.3	Leichte Gesteinskörnungen.....	60
5.5.4	Rezyklierte Gesteinskörnungen .....	62
5.5.5	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Gesteinskörnungen.....	65
5.6	Mandat 128 – Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel.....	67
5.6.1	Zusatzstoffe - Allgemeines .....	69
5.6.1.1	Gesteinsmehl (Füller).....	69
5.6.1.2	Pigmente .....	69
5.6.1.3	Flugasche.....	70
5.6.1.4	Silikastaub .....	75
5.6.2	Betonzusatzmittel .....	76
5.6.2.1	Allgemeines .....	76
5.6.2.2	Freisetzung von organischen Stoffen in Boden und Grundwasser .....	77
5.6.3	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Betonzusatzstoffe und -zusatzmittel .....	79
5.7	Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Betonausgangsstoffe .....	82
6	Bodenbeläge als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in den Innenraum .....	84
6.1	Konzepte zur gesundheitlichen Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten in Innenräumen .....	85
6.1.1	Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten (VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB) .....	85
6.1.2	DIBt-Zulassungsgrundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen (DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum) .....	90
6.2	Mandat 119 - Bodenbeläge .....	93
6.2.1	Zusammensetzung der Bodenbeläge .....	94
6.2.1.1	Textile Bodenbeläge.....	94
6.2.1.2	Elastische Bodenbeläge.....	99
6.2.1.3	Laminat-Bodenbeläge .....	103
6.2.1.4	Bodenbeläge aus Massivholz und Holzwerkstoffen .....	104
6.2.2	Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Bodenbelägen .....	104
6.2.3	Handlungsempfehlungen.....	108
6.2.3.1	Bisherige Anforderungen an Gesundheit und Umweltschutz in der ersten Normengeneration .....	108
6.2.3.2	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration an Bodenbelägen .....	119
6.3	Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Bodenbeläge in Innenräumen .....	121
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	122
8	Literaturverzeichnis .....	126
9	Anhang .....	141

Anhang A1:	Recommendations of the Workshop 'Implementation of ER 3 in European Technical Specifications for Construction Products' (3 April 2003 in Berlin).....	142
Anhang A2:	Mandate der Europäischen Kommission an CEN zur Erarbeitung harmonisierter Bauproduktnormen.....	144
Anhang A3:	Mandate der Europäischen Kommission an EOTA zur Erarbeitung harmonisierter Bauproduktzulassungsleitlinien (ETAG's).....	145
Anhang A4:	Bauprodukte mit CEN-Mandat: Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe.....	146
Anhang A5:	Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20].....	177
Anhang A6:	Zuordnungswerte Z 2 der LAGA-Mitteilung "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" [27].....	178
Anhang A7:	Gehalts- und Immissionswerte für Baustoffe der Kategorie 1 (Anhang 2 des Niederländischen Baustoffbeschlusses) [25].....	180
Anhang A8:	27 Produkte der Familie der Normzemente nach DIN EN 197-1 [43].....	184
Anhang A9:	Liste mit Gesamtgehalten von umweltrelevanten Schwermetallen und Spurenelementen in Betonausgangsstoffen [26].....	186
Anhang A10:	NIK—Werte-Liste des AgBB-Bewertungsschemas für VOC und SVOC [21].....	188
Anhang A11:	Liste der freiwilligen Regelungen für Bodenbeläge.....	197
Anhang A12:	Grenzwerte der Altholzverordnung für Holzhackschnitzel und Holzspäne zur Herstellung von Holzwerkstoffen [97].....	206

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	CEN-Mandate zur Erarbeitung harmonisierter europäischer Bauprodukt-normen (ohne Anlagen des öffentlichen Verkehrs und Brandverhalten).....	21
Tab. 2:	Mandatierte Betonausgangsstoffe.....	23
Tab. 3:	Schütteltests nach DIN EN 12457-4 [28], DIN 38414-S4, modifiziert [27] und LAGA EW 98 S [31].....	27
Tab. 4:	Trogverfahren nach DIN EN 1744-3 [33], LAGA EW 98 T [31] und TP Min-StB, Teil 7.1.2 [34].....	29
Tab. 5:	Langzeitstandtest nach Normentwurf DAfStb [36] und NEN 7345 [35].....	31
Tab. 6:	Für den direkten Kontakt mit Grundwasser maximal zulässige Freisetzung aus zementgebundenen Baustoffen bei Elution im Langzeitstandtest.....	37
Tab. 7:	Gegenüberstellung DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser [20] und Niederländischer Baustoffbeschluss [25].....	40
Tab. 8:	M 114: Produktfamilien und Beispiele für eingesetzte Materialien [41].....	41
Tab. 9:	Harmonisierte europäische Produktnormen für Zement.....	42
Tab. 10:	Richtwerte für Schwermetallgehalte in Sekundärbrennstoffen nach BUWAL-Richtlinie [53] und der Gütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe [52].....	48
Tab. 11:	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Zement.....	51
Tab. 12:	M 125: Produktfamilien und Beispiele für eingesetzte Materialien [58].....	53
Tab. 13:	M 125: Freisetzung von gefährlichen Stoffen [58].....	53
Tab. 14:	Harmonisierte europäische Produktnormen für Gesteinskörnungen.....	54
Tab. 15:	Abfallcode für industriell hergestellte Gesteinskörnungen nach dem Europäischen Abfallverzeichnis [67].....	57
Tab. 16:	Abfallcode für Abfälle nach dem Europäischen Abfallverzeichnis, die als rezyklierte Gesteinskörnungen eingesetzt werden können [67].....	62
Tab. 17:	Grenzwerte für rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100 [73]....	63
Tab. 18:	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Gesteinskörnungen.....	65
Tab. 19:	M 128: Produktfamilien und Beispiele für eingesetzte Materialien [74].....	67
Tab. 20:	Harmonisierte europäische Produktnormen für Betonzusatzstoffe und –zusatzmittel.....	68
Tab. 21:	Abfallcodes für Flugasche nach dem Europäischen Abfallverzeichnis [67].....	71
Tab. 22:	Einteilung von Betonzusatzmitteln [nach 23].....	76
Tab. 23:	Übersicht der Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Betonzusatzstoffe und –zusatzmittel.....	80
Tab. 24:	Einteilung der Bodenbeläge.....	84
Tab. 25:	Mandat 119: Beispiele für eingesetzte Materialien [100].....	93

Tab. 26: Absatz an Bodenbelägen in Deutschland im Jahr 2002 [101].....	94
Tab. 27: Übersicht über Substanzklassen, die in getufteten textilen Bodenbelägen eingesetzt werden können [nach 106].....	97
Tab. 28: Beispiele für Additive und ihre Funktion in PVC.....	100
Tab. 29: Produktnormen für textile, elastische und laminierte Bodenbeläge, die in DIN EN 14041, Anhang A (Entwurf) aufgelistet sind [152].....	109
Tab. 30: Produktnormen für Holzfußböden, deren Gesundheitsaspekte in der Norm DIN EN 14342 (Entwurf) geregelt werden.....	112
Tab. 31: Beispiele für CMR-Stoffe der Kategorie 1 und 2 sowie "giftige" und "sehr giftige" Stoffe in Bodenbelägen.....	113
Tab. 32: Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Bodenbeläge.....	120

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lösungsansatz zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen.....	18
Abb. 2: Ablaufschema des DIBt-Merkblatts zur Bewertung von Bauprodukten hinsichtlich Boden- und Grundwasserschutz [20].....	35
Abb. 3: Einteilung der Gesteinskörnungen nach DIN EN 206-1 [22].....	55
Abb. 4: Schema zur gesundheitlichen Bewertung von VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten des AgBB [21].....	89
Abb. 5: Ablaufschema zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten nach den DIBt-Zulassungsgrundsätzen Innenraum [96].....	91
Abb. 6: Einteilung von textilen Bodenbelägen nach DIN ISO 2424 [102].....	95

## Kurzfassung

### Einleitung

Aktuell und in den nächsten Jahren wird - im Zuge der Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie (BPR) - eine Vielzahl von harmonisierten europäischen Normen und technischen Zulassungen für Bauprodukte von den europäischen Gremien erarbeitet. Nach den Vorgaben der BPR müssen dabei neben den traditionellen Anforderungen wie Standsicherheit oder Brandverhalten, auch solche hinsichtlich Gesundheit und Umweltschutz gleichberechtigt als wesentlich berücksichtigt werden.

Die unterschiedlichen Traditionen des Bauwesens in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union, keine oder unterschiedliche Regelungen zum Gesundheits- und Umweltschutz, das fehlende Wissen von Experten zu Umwelt und Gesundheit in den Technischen Komitees und Arbeitsgruppen der Europäischen Normung und Zulassung sowie fehlende harmonisierte Prüfmethoden haben dazu geführt, dass die Konkretisierung von Gesundheits- und Umweltanforderungen auf die zweite Generation der harmonisierten technischen Spezifikationen verschoben wurde. Die erste Generation enthält keine oder nur ansatzweise Anforderungen zu Umwelt und Gesundheit und verweist hierzu im weiteren auf national geltende Regelungen. Die Harmonisierung für den Bereich Gesundheit und Umwelt soll erst in der zweiten Generation durch die Aufnahme von konkreten Anforderungen umgesetzt werden.

Um diese gesundheitlichen und umweltrelevanten Aspekte in den Prozess der europäischen Regelsetzung einzubringen, werden im vorliegenden Forschungsprojekt konkrete stoffbezogene Anforderungen für ausgewählte Bauprodukte erarbeitet und begründet. Die vorgestellten Anforderungen und deren Begründungen orientieren sich einerseits an den Vorgaben der BPR mit den diesbezüglichen Grundsatz- und Leitpapieren sowie dem in Deutschland geltenden Schutzniveau; andererseits gehen die Überlegungen darüber hinaus, sobald die Ziele von Gesundheits- und Umweltschutz dies sinnvoll machen und geboten. Mit diesem Vorhaben wird ein Umsetzungskonzept in Form von konkreten Handlungsempfehlungen für die Harmonisierung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ entwickelt, das auch die aktuellen europäischen Entwicklungen berücksichtigt.

Als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser wurden die mandatierten Betonausgangsstoffe Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe und Betonzusatzmittel ausgewählt, da diese als Massenbaustoff in signifikant großer Menge verwendet werden. Hinsichtlich der Freisetzung gefährlicher Stoffe in den Innenraum fiel die Wahl auf das Mandat Bodenbeläge (textile, elastische, Laminat, Massivholz/Holzwerkstoffe), da diese aufgrund ihrer großen Fläche im Innenraum eine wesentliche Emissionsquelle darstellen können. Zur Auswahl der Bauprodukte ist anzumerken, dass aufgrund der Vielzahl an Bauprodukten eine Einschränkung notwendig war, diese aber keine Aussage über ein besonders hohes Gesundheits- oder Umweltgefährdungspotential der ausgewählten Produkte zulässt.

## Lösungsansatz zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen

Die Bauproduktenrichtlinie und die Konkretisierung im Grundlagendokument Nr. 3 fordern hinsichtlich der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz", dass der Gebäudenutzer und die unmittelbare Umwelt durch die bauliche Anlage nicht gefährdet werden dürfen. Für die konsequente Berücksichtigung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in den technischen Spezifikationen sollte ein abgestuftes Konzept gewählt werden. Zur Beurteilung einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen sind sowohl Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung und den Aufbau als auch die geplante Verwendung der Produkte in baulichen Anlagen (z.B. direkter Kontakt zur Innenraumluft oder kein Kontakt) notwendig. So kann z.B. ein als kritisch eingestuftes Produkt durchaus Anwendungsbereiche aufweisen, die zu keiner Gefährdung von Gesundheit und Umwelt führen.

Unter Berücksichtigung der Zusammensetzung und des Anwendungsbereichs sollten die mandatierten Bauprodukte eingeteilt werden in Produkte, die aufgrund bestehender Erfahrungen als offensichtlich unbedenklich anzusehen und an die keine zusätzlichen Prüfanforderungen zu stellen sind (WFT-Produkte – Without further testing) bis hin zu Produkten, bei denen die gesundheitlichen bzw. umweltrelevanten Auswirkungen nur durch spezifische, auf den Einzelfall bezogene Prüfungen im Zulassungsverfahren zu bewerten sind. Für die dazwischen liegenden Produkte, die im Normbereich verbleiben, sollten in den Normen Festlegungen getroffen werden, die gewährleisten, dass eine Gefährdung des Nutzers und der Umwelt hinreichend sicher ausgeschlossen werden kann.

Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht den Lösungsansatz, die Vielzahl der mandatierten Bauprodukte in verschiedene Gruppen einzuteilen. Diese Einteilung wird am Beispiel der in diesem Forschungsvorhaben detaillierter betrachteten Bauprodukte "Betonausgangsstoffe" und "Bodenbeläge" konkretisiert.

WFT-Produkte	Genormte Produkte	Produkte mit Zulassung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhaltsstoffe können beschrieben werden</li> <li>• Freisetzungsverhalten bekannt</li> <li>• Bewährte Produkte</li> </ul> <p>→ keine zusätzlichen Prüfungen notwendig</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung der Zusammensetzung möglich</li> <li>• Evt. Beschränkung der Stoffvielfalt</li> <li>• Festlegung der zu bestimmenden gefährlichen Stoffe möglich</li> </ul> <p>→ Prüfung der freisetzbaren gefährlichen Stoffe notwendig. Angabe in der CE-Kennzeichnung.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Stoffvielfalt des Produkts</li> <li>• Innovative Produkte: keine Kenntnisse zur Freisetzung vorhanden</li> <li>• Einsatz von Abfällen, wenn Erfahrungen fehlen</li> </ul> <p>→ Prüfung der freisetzbaren gefährlichen Stoffe aufgrund der Kenntnisse der chemischen Zusammensetzung.</p>

## Handlungsempfehlungen für die zweite europäische Normengeneration für Betonausgangsstoffe

Die folgenden Übersichten fassen die im Forschungsbericht dargestellten Untersuchungen zur Gesundheits- und Umweltverträglichkeit von Betonausgangsstoffen und die Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen zusammen.

Daten	Handlungsempfehlungen
<b>M 114: Zement — Harmonisierte Produktnormen</b> DIN EN 197-1; DIN EN 197-3; DIN EN 197-4; DIN EN 14216; DIN EN 14217	
<b>Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen:</b> Erhöhte Schwermetallgehalte für Arsen, Blei, Zink und Chrom im Portlandzement gegenüber natürlichen Gesteinen Beim Schütteltest nach DIN 38414-S4 werden Geringfügigkeitsschwellen nur für Chromat überschritten. Beim Langzeitstandtest werden alle aus den Geringfügigkeitsschwellen abgeleiteten Grenzwerte für Betonausgangsstoffe eingehalten, allerdings nur geringe Datenbasis. Ergebnisse von Auslaugungsverfahren liegen bisher nur für Portlandzement (CEM I) und Hochofenzement (CEM III) vor.	Zur Schaffung einer breiteren Datenbasis sollten Auslaugtests für alle Zementarten durchgeführt und anhand eines Vergleichs mit den Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts [1] bewertet werden.
<b>Freisetzung von organischen Stoffen:</b> Keine Freisetzung von auslaugbaren organischen Stoffen wie PAK, Dioxine/Furane aus dem Portlandzementklinker aufgrund hoher Brennguttemperaturen. Keine Untersuchungsergebnisse zur Auslaugung von organischen Stoffen aus Zementzusätzen wie Mahlhilfen.	Die Auslaugung von organischen Stoffen aus Zement (Zementzusätze) sollte anhand von Auslaugversuchen untersucht werden.
<b>Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff/-rohstoff:</b> Erhöhte Schwermetallgehalte im Portlandzement durch den Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff oder Sekundärrohstoff möglich.	Beim Einsatz von Abfällen als Sekundärrohstoff sollten der Gehalt und die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz untersucht werden. Der Prüfumfang sollte sich an den Anforderungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) orientieren. Beim Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff sollten die Schwermetallgehalte im Abfall und im Zement bestimmt werden. Anhaltspunkte für den Prüfumfang geben die LAGA-Mitteilung 20 [2], die BUWAL-Richtlinie [3] und die Gütergemeinschaft für Sekundärbrennstoffe [4]. Eine Positivliste mit Abfällen, die bei der Zementherstellung zugelassen sind, sollte erstellt werden. Falls die Abfälle nicht untersucht werden, muss der Abfalleinsatz in der CE-Kennzeichnung deklariert werden.

Daten	Handlungsempfehlungen
<b>M 125: Zuschlagstoffe — Harmonisierte Produktnorm DIN EN 12620; DIN EN 13055-1</b>	
<b>Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen:</b>	
<u>Natürliche Gesteinskörnungen</u> Erhöhte Gehalte an Schwermetallen sind auch bei natürlichen Gesteinen möglich.	Generelle Diskussion notwendig, ob an natürliche Gesteine zusätzliche Anforderungen für die Auslaugung von Schwermetallen zu stellen sind.
<u>Künstliche Gesteinskörnungen:</u> Erhöhte Gehalte an Schwermetallen möglich. Schütteltests nach DIN 38414-S4 zeigten, dass die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts eingehalten werden. Aussagen für Chromat und Cadmium waren nicht möglich. Keine Ergebnisse von Langzeitstandtests für Betonprüfkörper mit den eingesetzten Schlacken.	Beim Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen sollte der Gehalt und die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz geprüft werden. Der Prüfumfang sollte sich an den Z2-Werten der jeweiligen abfallspezifischen Regelungen der LAGA orientieren. Untersuchungsbedarf, ob auch der mit industriell hergestellten Gesteinskörnungen hergestellte Beton die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser einhält. Untersuchungsbedarf, ob die Bestimmung des Gehalts ausreicht, wenn vom Gehalt auf die Freisetzung geschlossen werden kann.
<u>Schwere Gesteinskörnungen:</u> Schwermetallgehalte im Vergleich zu normalen und leichten Gesteinskörnungen sehr hoch. Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.	Weitergehende Betrachtung der Umweltverträglichkeit durch Auslaugversuche notwendig.
<u>Leichte Gesteinskörnungen:</u> Bei Schütteltests nach DIN 38414-S4 für Mauerziegel und Blähton wurden von diversen Schwermetallen die Geringfügigkeitsschwellen nach DIBt-Merkblatt überschritten. Keine Ergebnisse von Langzeitstandtests.	Beim Einsatz von mineralischen Abfällen wie Kesselsand (Steinkohlengrobasche) sollten die Z2-Zuordnungswerte der LAGA an der Originalsubstanz (Feststoff und Eluat) eingehalten werden. Weiterer Untersuchungsbedarf, da nur wenige Ergebnisse von Auslaugungstests vorliegen. Die Testergebnisse sollten anhand der Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts bewertet werden. Beim Einsatz von Altglas sollte umweltbedenkliches Altglas wie Bleiglas ausgeschlossen werden.
<u>Rezyklierte Gesteinskörnungen:</u>	Kennzeichnung der Herkunft der rezyklierten Gesteinskörnungen, um Altlastenverdachtsflächen auszuschliessen. Auslaugung von anorganischen und organischen Parametern zu untersuchen: Der Prüfumfang sollte sich an den technischen Regeln der LAGA für Bauschutt (Z2-Werte), der DIN 4226-100 [5] sowie dem Niederländischen Baustoffbeschluss [6] orientieren. Der Fremdkörperanteil sollte festgelegt werden. Vorgaben in den technischen Regeln der LAGA für Bauschutt und in der DIN 4226-100. Weiterer Testbedarf bei Einhaltung der Eluatwerte nach DIN 4226-100 im Schütteltest: Überprüfung ob die Geringfügigkeitsschwellen im Langzeitstandtest mit Betonprüfkörpern aus rezyklierten Gesteinskörnungen eingehalten werden.

Daten	Handlungsempfehlungen
<b>M 128: Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Harmonisierte Produktnorm:</b> EN 12878 (Entwurf); DIN EN 13263-1 (Entwurf); DIN EN 450-1 (Entwurf); DIN EN 934-2	
<b>Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen:</b>	
<u>Gesteinsmehl (Füller)</u> Schwermetallgehalte sind denen von Sand, Kies und Kalkstein vergleichbar. Bei der Einlagerung von Erzen im Kalkstein in Einzelfällen erhöhte Gehalte an Schwermetallen.	Gesteinsmehl aus Quarz oder Kalkstein: keine Schwermetallauslaugung. Bei einer Einlagerung von Erzen im Kalkstein sollten Auslaugversuche durchgeführt werden.
<u>Pigmente</u> Einsatz von Schwermetallen in oxidisch gebundener Form oder als andere stabile Verbindungen. Stabilität der Pigmente im alkalischen Milieu ist bei der Eigenschaftsprüfung der Pigmente nachzuweisen. Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.	Untersuchungsbedarf durch Auslaugversuche, vor allem für organische Pigmente.
<u>Flugasche</u> Schwermetallgehalte bei Flugasche deutlich erhöht (stark vom verwendeten Brennstoff abhängig). Nach DIN 38414-S4 Geringfügigkeitsschwellen für Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Selen, und Zinn überschritten. Die Z2-Werte (Eluat) der LAGA für Flugasche wurden für Arsen und Chrom überschritten. Bei Langzeitstandtests mit Beton und Mörtel wurden die Geringfügigkeitsschwellen eingehalten.	Beim Einsatz von Steinkohlenflugasche die Z2-Werte der LAGA für Flugasche an der Originalsubstanz zu untersuchen. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen bei der Herstellung von Flugasche zu deklarieren. Die Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellen zu <del>Blömp</del> Einsatz von Petrolkoks Nickel- und Vanadiumgehalt zu bestimmen und zu deklarieren.
<u>Silikastaub</u> Weniger Schwermetalle als bei Portlandzement	Mit einer Freisetzung von Schwermetallen ist nicht zu rechnen.
<b>Freisetzung von organischen Stoffen in Boden und Grundwasser:</b>	
<u>Flugasche</u> Wenige Daten. Schütteltests: sehr geringe Auslaugung von organischen Stoffen außer im Einzelfall für Phenole.	Weiterer Untersuchungsbedarf, da nur wenige Ergebnisse vorliegen
<u>Betonzusatzmittel</u> <i>Betonverflüssiger und Fließmittel</i> : Schüttel- und Kurzzeitstandtests, Analyse des Porenwassers im Beton und Untersuchung des Sorptionsverhaltens von Fließmitteln an Zementpartikeln: eine geringe Elution von organischen Stoffen. Keine Langzeitstandtests. Keine Aussage über Abbauprodukte. <i>Verzögerer, Dichtungsmittel und Einpresshilfen</i> : Toxikologisch unbedenklich. Keine Auslaugversuche. Bei Verzögerern und Einpresshilfen Einbindung im Zementstein. <i>Beschleuniger</i> : Einbau in die Zementsteinmatrix. Auslaugung der Alkalien. Keine Auslaugversuche. <i>Luftporenbildner und Stabilisierer</i> : Keine Auslaugversuche.	Aufgrund der wenigen Auslaugversuche besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Dabei sollten die Ergebnisse der Auslaugtests anhand des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser bewertet werden.

## Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Betonausgangsstoffe

### Zement

Zement ist ein mandatiertes Bauprodukt, für das langjährige Erfahrungen zur Zusammensetzung und auch für den Einsatz als Betonausgangsstoff vorliegen. Hier ist jedoch zu unterscheiden zwischen Zement ohne den Einsatz von Abfällen oder mit dem Einsatz von Abfällen.

- Zement, der ohne den Einsatz von Abfällen hergestellt wird, eignet sich für die Aufnahme in die Liste der WFT-Produkte (WFT - Without further testing), da die vorliegenden Untersuchungen eine umweltrelevante Freisetzung von gefährlichen Stoffen nicht befürchten lassen. Allerdings ist dies noch für alle Zementarten und für die Freisetzung von organischen Stoffen zu verifizieren. Bei einer Aufnahme in die WFT-Liste ist die Zusammensetzung des Zements in der Produktnorm genau festzulegen, die Norm sollte den Hinweis enthalten, dass keine Abfälle eingesetzt werden dürfen.
- Zement, der durch den Einsatz von Abfällen hergestellt wird, bedarf weitreichender Regelungen in der Produktnorm. Werden Abfälle eingesetzt und liegen hier auch ausreichende Praxiserfahrungen vor, so sollten diese Abfälle mit den entsprechenden zu bestimmenden Prüfparametern in der Produktnorm aufgeführt werden. Die Norm sollte den Hinweis enthalten, dass der Anwendungsbereich sich nur die aufgeführten Abfälle bezieht. Werden Abfälle eingesetzt, für deren Einsatz keine oder wenige Erfahrungen vorliegen, so ist die Herstellung dieses Zements dem Zulassungsbereich zuzuordnen, da hier für das konkret zulassende Produkt der Prüfumfang durch ein Expertengremium festgelegt werden kann.

### Gesteinskörnungen

Unter dem Begriff "Gesteinskörnungen" wird eine Bauproduktgruppe zusammengefasst, die aus sehr unterschiedlichen Materialien bestehen kann.

- Natürliche Gesteinskörnungen aus mineralischen Vorkommen eignen sich für die Aufnahme in die Liste der WFT-Produkte. Allerdings muss hier noch die Radioaktivität von natürlichen Gesteinen wie Granit berücksichtigt werden. Der Umgang mit der Tatsache, dass die Schwermetallgehalte bei natürlichen Gesteinen teilweise über den Grenzwerten für Boden liegen, ist zu diskutieren.
- Die industriell hergestellte Gesteinskörnung kristalline Hochofenschlacke kann als WFT-Produkt erwägt werden, da die vorliegenden Untersuchungen keine Anhaltspunkte zur relevanten Freisetzung von gefährlichen Stoffen lieferten. Für Schmelzkammergranulat und Metallhüttenschlacke sollten in den Produktnormen Untersuchungsparameter vorgegeben werden. In der Produktnorm sollte im Anwendungsbereich darauf hingewiesen werden, dass die Norm nur für die genannten Gesteinskörnungen anzuwenden ist. Werden Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen als Gesteinskörnung eingesetzt, so sollte diese aufgrund der enorm variierenden Zusammensetzung dem Zulassungsbereich zugeordnet werden. Dies gilt auch für alle weiteren Abfälle, für die keine Erfahrungen vorliegen.
- Leichte Gesteinskörnungen aus natürlichen Materialien und industriell hergestellte Produkte ohne den Einsatz von Abfällen können als WFT-Produkte erwägt werden. Es gelten die gleichen Einschränkungen wie bei den oben angeführten natür-

lichen Gesteinskörnungen. Werden Abfälle eingesetzt, für die bereits Erfahrungen vorliegen wie z.B. für Kesselsand, so sollten diese Abfälle und die zu bestimmenden Parameter in der Produktnorm aufgeführt werden. Abfälle, für die keine abfallspezifischen Untersuchungsparameter vorliegen, sollten dem Zulassungsbereich zugeordnet werden.

- Für den Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen sind in der Produktnorm verschiedene Festlegungen notwendig. Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Altlastenverdachtsflächen sollten im Anwendungsbereich der Produktnorm ausgeschlossen werden. Aufgrund der stark variierenden Zusammensetzung von Altlasten sollten diese dem Zulassungsbereich zugeordnet werden, da hier der Prüfumfang durch ein Expertengremium am konkreten Produkt festgelegt werden kann. Für alle anderen rezyklierten Gesteinskörnungen sollte in der Produktnorm der Prüfumfang aufgeführt werden. Um Verunreinigungen durch organische Stoffe zu vermeiden, sollte in der Produktnorm ein Fremdkörperanteil vorgegeben werden.

### **Betonzusatzstoffe**

Als Betonzusatzstoffe wurden Gesteinsmehle, Pigmente und Flugasche untersucht.

- Gesteinsmehl eignet sich für die Aufnahme in eine Liste mit WFT-Produkten, da sich außer bei der Einlagerung von Erzen im Kalkstein keine Hinweise auf eine Umweltgefährdung ergaben. Ausnahmefälle sollten in der Produktnorm aufgeführt und die Vorgehensweise z.B. die Durchführung von Auslaugtests angegeben werden.
- Anorganische Pigmente sollten bezüglich der Aufnahme in die WFT-Liste erwägt werden, da sich keine Hinweise auf eine Umweltgefährdung ergaben. Allerdings gilt dies aufgrund fehlender Auslaugversuche nicht für organische Pigmente. Eine Möglichkeit wäre hier, die Produktnorm nur für anorganische Pigmente festzulegen und organische Pigmente dem Zulassungsbereich zuzuordnen, bis Erfahrungen zum Auslaugverhalten vorliegen.
- Beim Einsatz von Steinkohlenflugasche ohne die Mitverbrennung von Abfällen müssen in den Produktnormen Prüfparameter vorgegeben werden. Werden Abfälle bei der Herstellung von Flugasche mitverbrannt, so sollten diese Flugaschen dem Zulassungsbereich zugeordnet werden. Bestehen bereits langjährige Erfahrungen zum Mitverbrennen von Abfällen wie Klärschlamm und Petrolkoks, so sollte hier eine Positivliste mit Abfällen erstellt werden, die in der Produktnorm aufgenommen werden kann. Flugasche aus Hausmüll- oder Gewerbemüllverbrennungsanlagen sollte aufgrund der stark variierenden Zusammensetzung dem Zulassungsbereich zugeordnet werden.

## Handlungsempfehlungen für die zweite europäische Normengeneration an Bodenbelägen

Die folgende Übersicht zeigt die Handlungsempfehlungen, die bei der Überarbeitung der technischen Spezifikationen von Bodenbelägen berücksichtigt werden sollten.

Gefährliche Stoffe	Handlungsempfehlungen
<b>Alle Bodenbeläge (textile, elastische, Beläge aus Massivholz und Holzwerkstoffen)</b>	
Gehalt an CMR-Stoffen (Kategorie 1 und 2) und an giftigen (T) und sehr giftigen (T+) Stoffen	CMR-Stoffe der Kategorie 1 und 2 sowie Stoffe, die als T oder T+ nach der RL 67/548/EWG [7] eingestuft sind, sollten nicht aktiv in Bauprodukten eingesetzt werden.
Gehalt an Pentachlorphenol	Der Gehalt an PCP muss bestimmt und als Klasse oder Wert in der CE-Kennzeichnung deklariert werden.
Freisetzung von Formaldehyd	Beim Einsatz formaldehydhaltiger Materialien muss die Freisetzung von Formaldehyd bestimmt werden.
Freisetzung von VOC und SVOC	Bestimmung der VOC und SVOC-Emissionen nach 3 und nach 28 Tagen und Berechnung des TVOC-Wertes.
Freisetzung von Geruchsemissionen	Geruchsemissionen sollten bestimmt werden.
Einsatz von Abfällen	Der Einsatz von Abfällen sollte deklariert werden.
<b>Zusätzlich für textile und elastische Bodenbeläge</b>	
Gehalt an Azofarbstoffen, die kanzerogene Amine abspalten	Azofarbstoffe, die kanzerogene Amine abspalten (RL 76/769/EWG [8]), dürfen nicht eingesetzt werden.
Gehalt an Flammschutzmitteln	Kein Einsatz von polybromierten Diphenylethern. Verzicht auf HBCD und TCCP zu erwägen.
<b>Nur für textile Bodenbeläge</b>	
Gehalt an Pestiziden bei textilen Bodenbelägen aus Naturfasern	Gehalt an Permethrin zu beschränken. Der Einsatz von Pestiziden als Motten- und Käferschutz bei Wollteppichen sollte deklariert werden. Zu Pestizindrückständen in Naturfaserteppichen besteht Untersuchungsbedarf.
Gehalt an Benz(a)pyren	Beim Einsatz von Bitumen BaP-Gehalt zu bestimmen
<b>Nur für PVC-Bodenbeläge</b>	
Gehalt an Weichmachern	Kein Einsatz der Weichmacher DEHP, DBP und BBP. Einsatz von mittelkettigen Chlorparaffinen zu prüfen.
Gehalt an Schwermetallen aus Stabilisatoren	Kein Einsatz von Stabilisatoren auf Bleibasis. Stabilisatoren auf Cadmiumbasis bereits europaweit verboten.
<b>Nur für Gummi-Bodenbeläge</b>	
Freisetzung von N-Nitrosaminen	Verzicht von nitrosaminbildenden Stoffen.
<b>Nur für Bodenbeläge aus Holzwerkstoffen</b>	
Einsatz von Gebrauchtholz	Der Einsatz von Gebrauchtholz sollte deklariert werden. Die Parameter der Altholzverordnung [9] zu bestimmen.

## **Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Bodenbeläge in Innenräumen**

Bei den Bodenbelägen handelt es sich um eine Bauproduktgruppe, die aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien und Stoffe bestehen können. Aufgrund dieser Vielfalt und den wenigen Untersuchungsergebnissen zum Freisetzungerverhalten wird eine Aufnahme in die WFT-Produktliste, d.h. Produkte, an die keine zusätzlichen Prüfanforderungen gestellt werden, nicht für sinnvoll erachtet.

Für Bodenbeläge, die nach harmonisierten europäischen Normen hergestellt werden, sollte in den Normen die Zusammensetzung so detailliert wie möglich beschrieben werden. Stoffe, die national verboten oder beschränkt (z.B. Formaldehyd und PCP) sind, müssen in den Produktnormen aufgeführt werden. Bei beschränkten Stoffen ist auch eine harmonisierte europäische Prüfmethode anzugeben. Weitere Stoffe, deren Verbot oder Beschränkung zur Zeit kritisch geprüft wird, sollten auf freiwilliger Basis ebenfalls in den Produktnormen aufgeführt werden. Welche gefährlichen Stoffe aus den jeweiligen Bodenbelägen freigesetzt werden können und damit in den Produktnormen bestimmt werden sollten, wird in den Handlungsempfehlungen dargestellt. Relevante Beispiele sind unter anderem CMR-Stoffe, polybromierte Diphenylether, VOC und SVOC.

Bodenbeläge, über deren Freisetzungerverhalten keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen und/oder bei deren Herstellung Abfälle eingesetzt werden, sollten dem Zulassungsbereich zugeordnet werden, da hier der Prüfumfang durch ein Expertengremium am konkreten Produkt festgelegt werden kann.

### **Ausblick**

Dieses Forschungsvorhaben betrachtet das Freisetzungerverhalten bzw. den Gehalt von gefährlichen Stoffen aus/in Bauprodukten für die Mandate an CEN zur Erarbeitung harmonisierter europäischer Produktnormen vorliegen. Eine Betrachtung der Mandate an EOTA war nicht möglich. Die Auswertung der CEN-Mandate lieferte durch die Angabe der eingesetzten Materialien und des Verwendungszwecks der Bauprodukte Hinweise auf eine mögliche Freisetzung von gefährlichen Stoffen in die Umweltmedien Boden, Grundwasser oder Innenraum bzw. auf den Gehalt gefährlicher Stoffe. Eine konkrete Beurteilung des Auslaug- und Emissionsverhaltens von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten kann jedoch in der Regel nur durch die Auswertung von durchgeführten Untersuchungen erfolgen.

Mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben ist am konkreten Beispiel ausgewählter Bauprodukte ein erster Anfang gemacht, den Gesundheits- und Umweltschutz systematisch in europäischen technischen Spezifikationen zu berücksichtigen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine detaillierte Betrachtung für alle Bauprodukte notwendig ist. Dabei ist zu bedenken, dass die einzelnen Bauprodukte als Beispiel gewählt wurden, weil über diese sogar noch vergleichsweise viele Erkenntnisse zum Freisetzungerverhalten vorliegen. Grundsätzlich ist festzustellen, dass dem Aspekt der Freisetzung von gefährlichen Stoffen bislang viel zu wenig Bedeutung beigemessen wurde. Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass es für viele Stoffe keine Prüfverfahren gibt. Gleichzeitig existieren innerhalb der Europäischen Union für einzelne Stoffe viele verschiedene nationale Prüfverfahren. Für eine adäquate Erarbeitung von Gesundheits- und Umweltanforderungen ist es notwendig, dass sich alle Mitgliedstaaten auf harmonisierte europäische Prüfmethoden einigen.

An der Problematik des oft nicht bekannten Freisetzungerverhalten von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten sowie den fehlenden Prüfmethode muss verstärkt geforscht werden. Derzeit werden Mandate für harmonisierte Prüfmethode ausgearbeitet. Mit der Verabschie-

dung der Prüfmethoden ist allerdings nicht vor dem Jahr 2008 zu rechnen. Für die Übergangszeit sind deshalb dringend Zwischenlösungen zu erarbeiten.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass im Geltungsbereich der Bauproduktenrichtlinie bislang nur die Nutzungsphase des Bauprodukts betrachtet wird. Aus gesundheitlichen und ökologischen Gründen sollte allerdings der gesamte Lebensweg eines Produkts in die Bewertung mit einfließen. Neben der Nutzungsphase wäre für den gesamten Lebenszyklus demnach auch die Herstellung und Entsorgung des Bauprodukts gleichermaßen zu berücksichtigen.

---

1 Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, Teil 1 (Fassung November 2000), Merkblatt, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Reihe M, Heft 1

2 Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Technische Regeln, 4. Auflage, Erich-Schmidt-Verlag, 1998

3 Richtlinie Entsorgung von Abfällen in Zementwerken, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 1998. Verfügbar als Download mit einer aktualisierten Positivliste unter: : <http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/shop/files/pdf/phpFkt4Pa.pdf> / [http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/abfall/zw\\_positivliste.pdf](http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/abfall/zw_positivliste.pdf)

4 Güte- und Prüfbestimmungen für Sekundärbrennstoffe, Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V., Köln, Juni 2001

5 DIN 4226-100, Februar 2002, Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel - Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen

6 Building Materials (Soil and Surface Waters Protection) Decree (Bouwstoffenbesluit), The Hague, 1999

7 Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe (67/548/EWG) vom 27. Juni 1967, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. P 196 vom 16.08.1967, S. 0001 – 0098. Eine durch Anpassungen und Änderungen ergänzte Fassung der Richtlinie zum herunterladen bietet z.B. die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin unter <http://www.baua.de/suchen/index.htm>

8 Richtlinie 76/769/EWG des Rates vom 27. Juli 1976 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 262 vom 27.09.1976, S. 0201 – 0203. Eine konsolidierte Fassung, die die zugehörigen Änderungen und Berichtigungen enthält ist verfügbar unter: [http://europa.eu.int/eur-lex/de/consleg/main/1976/de\\_1976L0769\\_index.html](http://europa.eu.int/eur-lex/de/consleg/main/1976/de_1976L0769_index.html)

9 Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (AltholzV – Altholzverordnung) vom 15. August 2002, BGBl. I 2002, S. 3302. Als Download verfügbar unter: [http://www.bmu.de/de/800/js/download/b\\_abfallw\\_altholz\\_ver/](http://www.bmu.de/de/800/js/download/b_abfallw_altholz_ver/)

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die große Gruppe der Bauprodukte stellt einen zentralen ökonomischen Faktor innerhalb des Binnenmarktes der Europäischen Union (EU) dar. Nach Angaben des Europäischen Verbandes der Bauprodukthersteller werden mit deren Produktion jährlich rund 200 Mrd. Euro Umsatz gemacht. Die deutsche Bauproduktindustrie ist hierbei mit einem Anteil von fast 60 % marktführend [1].

Bauprodukte (mehr als 20.000 verschiedene Materialien und Produkte) werden unter Verwendung einer Vielzahl von organischen und anorganischen Stoffen hergestellt, deren Emissionsverhalten und Wirkungen auf Gesundheit und Umwelt oft unbekannt sind. Insgesamt verursachen Bauprodukte große Stoffströme. So wurden z.B. ungefähr 40 % des deutschen Verbrauchs an mineralischen Rohstoffen im Hoch- und Tiefbau eingesetzt, 25 % der hergestellten Kunststoffe und 8 % der chemischen Produkte finden im Bauwesen ihre Anwendung.

In der Vergangenheit hat die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten, deren bekannteste Vertreter Asbest, Formaldehyd und Pentachlorphenol (PCP) sind, in der Öffentlichkeit für große Verunsicherung und Aufmerksamkeit gesorgt und gleichzeitig weitreichende, teils auch sehr kostenintensive Sanierungsmaßnahmen zum Schutz von Umwelt und Gesundheit erfordert. Aus rückschauender Perspektive wird deutlich, dass solchen Schadensfällen nur präventiv begegnet werden kann oder zumindest zu versuchen ist, im Vorfeld die möglichen Schäden zu minimieren.

Ein entsprechender Ansatzpunkt liegt darin, schon bei der Herstellung von Produkten die Freisetzung von gefährlichen Stoffen bzw. deren Gehalt zu berücksichtigen. Die vorhandene Gesetzgebung wie z.B. medienbezogene Grenzwerte im Boden-, Wasser- und Abfallrecht, europäische und nationale Stoffbeschränkungen und –verbote, aber auch das deutsche Bauordnungsrecht mit dem darin enthaltenen Prinzip der Gefahrenabwehr geben nur in Teilbereichen gesundheits- und umweltbezogene Anforderungen an Bauprodukte.

Auf europäischer Ebene wurde mit der Verabschiedung der EG-Bauproduktenrichtlinie – BPR (89/106/EWG) im Jahr 1988 die Regelungskompetenz in Bezug auf die in der Richtlinie enthaltene wesentliche Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" (Essential Requirement No 3 – ER 3) an den Bereich der Normung und Zulassung delegiert. Dies bedeutet, dass der Erarbeitung von harmonisierten europäischen technischen Spezifikationen (Normen und Zulassungen) eine immense Bedeutung zukommt, um das bisherige Schutzniveau in Bezug auf nationale Gesundheits- und Umweltanforderungen zu halten, weiterzuentwickeln bzw. anzupassen. Die Bedeutung des Umweltschutzes in der europäischen Normung verdeutlicht auch ein Beschluss des Europäischen Rates und des Europäischen Parlaments, der in Art. 3 fordert, die Integration ökologischer Aspekte in der europäischen Normung zu fördern und zu verstärken [2].

Aktuell und auch in den nächsten Jahren wird - im Zuge der Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie - eine Vielzahl von harmonisierten europäischen Normen und technischen Zulassungen für Bauprodukte von den entsprechenden europäischen Gremien erarbeitet. Nach den Vorgaben der BPR müssen dabei neben den traditionellen Anforderungen wie Standsicherheit oder Brandverhalten, auch solche hinsichtlich Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz gleichberechtigt als wesentlich berücksichtigt werden. Nach Ablauf einer Übergangsfrist dürfen in der Europäischen Union Bauprodukte nur noch in Verkehr gebracht werden, wenn sie den harmonisierten technischen

Spezifikationen entsprechen und das europäische Konformitätszeichen - die CE-Kennzeichnung - tragen.

Die unterschiedlichen Traditionen des Bauwesens in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union, keine oder unterschiedliche Regelungen zum Gesundheits- und Umweltschutz, das fehlende Wissen von Experten zu Umwelt und Gesundheit in den Technischen Komitees und Arbeitsgruppen der Europäischen Normung und Zulassung sowie fehlende harmonisierte Prüfmethoden haben dazu geführt, dass die Konkretisierung von Gesundheits- und Umweltanforderungen auf die zweite Generation der harmonisierten technischen Spezifikationen verschoben wurde. Die erste Generation enthält keine oder nur ansatzweise Anforderungen zu Umwelt und Gesundheit und verweist hierzu im weiteren auf national geltende Regelungen. Die Harmonisierung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 soll erst in der zweiten Generation durch die Aufnahme von konkreten Anforderungen für den Bereich Gesundheit und Umwelt umgesetzt werden.

Um diese gesundheitlichen und umweltrelevanten Aspekte in den Prozess der europäischen Regelsetzung einzubringen, wurden im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts konkrete stoffbezogene Anforderungen für ausgewählte Bauprodukte erarbeitet und begründet. Dabei orientieren sich die in diesem Bericht vorgestellten Anforderungen und deren Begründungen einerseits an den Vorgaben der BPR mit den diesbezüglichen Grundsatz- und Leitpapieren sowie dem in Deutschland geltenden Schutzniveau; andererseits gehen die Überlegungen darüber hinaus, sobald die Ziele von Gesundheits- und Umweltschutz dies sinnvoll machen und geboten.

Mit diesem Vorhaben wurde ein Umsetzungskonzept in Form von konkreten Handlungsempfehlungen für die Harmonisierung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ entwickelt, in das auch die aktuellen europäischen Entwicklungen einflossen. Ein Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Erarbeitung von konkreten Handlungsempfehlungen für die Berücksichtigung von Gesundheits- und Umweltkriterien für ausgewählte Bauprodukte. Als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser wurden die mandatierten Betonausgangsstoffe Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe und Betonzusatzmittel ausgewählt, da diese als Massenbaustoff in signifikant großer Menge verwendet werden. Hinsichtlich der Freisetzung gefährlicher Stoffe in den Innenraum fiel die Wahl auf das Mandat Bodenbeläge (textile, elastische, Laminat, Massivholz/Holzwerkstoffe), da diese aufgrund ihrer großen Fläche im Innenraum eine wesentliche Emissionsquelle darstellen können. Zur Auswahl der Bauprodukte ist anzumerken, dass aufgrund der Vielzahl an Bauprodukten eine Einschränkung notwendig war, diese aber keine Aussage über ein besonders hohes Gesundheits- oder Umweltgefährdungspotential der ausgewählten Bauprodukte zulässt. Für alle weiteren mandatierten Bauprodukte wurden Informationen zu gefährlichen Stoffen gesammelt, die potentiell freigesetzt werden können. Diese werden im Anhang A4 in Form einer Liste der mandatierten Bauprodukte dargestellt.

Vor diesem Hintergrund versteht sich der vorliegende Bericht als Nachschlagewerk zu ausgewählten Bauprodukten. Dabei werden zu den entsprechenden Bauprodukten konkrete Angaben zur Zusammensetzung, zum Freisetzungsverhalten von gefährlichen Stoffen sowie Handlungsempfehlungen zur Berücksichtigung der gefährlichen Stoffe in den technischen Spezifikationen geliefert. Die Darstellung weitergehender Konzepte zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden, Grundwasser und Innenraum sowie die Darstellung von Prüfmethoden zur Bestimmung der Auslaugung in Boden und Grundwasser geben einen umfassenden Überblick über die Thematik.

## **Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) angesiedelte Forschungsvorhaben wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes aus Mitteln des Umweltforschungsplans im Rahmen des Themas „Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte“ gefördert.

Zur fachlichen Begleitung des Vorhabens wurden Zwischenergebnisse in Sachverständigenausschüssen und Projektgruppen des DIBt vorgestellt und durch Einbeziehung der entsprechenden Experten der aktuelle Forschungs- und politische Diskussionsstand integriert. So wurde z.B. das Kapitel "Betonausgangsstoffe" der Projektgruppe des DIBt "PG Beton und zementgebundene Baustoffe" und den Mitgliedern des Unterausschusses "Umweltverträglichkeit von Beton" des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) ebenso wie das Kapitel "Bodenbeläge" der Projektgruppe "Bodenbeläge und Klebstoffe" zur Verfügung gestellt. Die eingegangenen Stellungnahmen der Mitglieder lieferten wertvolle Hinweise, die im Forschungsvorhaben berücksichtigt wurden.

Ein zentraler Bestandteil des Forschungsprojekts bestand in der Durchführung eines Workshops, der gemeinsam mit dem Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) und dem Umweltbundesamt (UBA) veranstaltet wurde. Auf dem Workshop „Implementation of the Essential Requirement No 3 'Hygiene, Health and the Environment' in European Technical Specifications for Construction Products“ diskutierten Vertreter der Europäischen Kommission, der europäischen Normungs- und Zulassungsgremien, der europäischen Baustoffindustrie sowie in Vertretung der EU-Mitgliedstaaten die Mitglieder des Ständigen Ausschusses für das Bauwesen (StAB) über die Harmonisierung im Bereich Gesundheit und Umweltschutz. Im Zentrum standen Aktivitäten, auftretende Probleme und die geplanten Umsetzungsstrategien zur Harmonisierung der wesentlichen Anforderung Nr. 3. Aus den Diskussionen heraus wurden acht Empfehlungen erarbeitet und verabschiedet, die in diesen Bericht eingeflossen sind und im Anhang A1 aufgelistet werden.

## **Zum Vorgehen und Aufbau des Berichts**

Der Bericht gliedert sich neben der Einleitung (Kapitel 1) sowie der Zusammenfassung mit dem Ausblick (Kapitel 7) in fünf verschieden gewichtete Hauptteile. Zunächst werden einführend die rechtlichen Rahmenbedingungen skizziert (Kapitel 2); hiernach wird ein Konzept zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ vorgestellt und diesbezügliche Lösungsansätze aufgezeigt (Kapitel 3). In einem nächsten Schritt wird die Vorgehensweise bei der Erarbeitung von Gesundheits- und Umweltkriterien für die ausgewählten Bauprodukte erläutert (Kapitel 4) und schließlich anhand der stoffspezifischen Teile die Betonausgangsstoffe für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser (Kapitel 5) und Bodenbeläge als Beispiele für die Freisetzung in den Innenraum (Kapitel 6) vorgestellt und analysiert; wobei für beide Teile weitergehende Bewertungskonzepte vorgestellt werden, um das bisherige Wissen reflektieren und erweitern zu können.

## **Definitionen**

Da bei der Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 die Freisetzung von gefährlichen Stoffen betrachtet wird und die Regelungen der Mitgliedstaaten und der Europäischen Union zu diesen Stoffen eine große Rolle spielen, werden diese beiden Begriffe nachfolgend definiert.

## Gefährliche Stoffe

In diesem Forschungsvorhaben wird für "gefährliche Stoffe" folgende Definition verwendet. Als gefährlich bezeichnete Stoffe erfüllen mindestens eines der folgenden Kriterien:

- Die Freisetzung oder der Gehalt der Stoffe aus/in Bauprodukten ist europäisch oder in mindestens einem Mitgliedstaat geregelt. Hierbei handelt es sich um Regelungen für gefährliche Stoffe, deren Anwendung allgemein oder speziell für Bauprodukte verboten oder beschränkt ist.
- Einstufung der Stoffe nach RL 67/548/EWG (Stoffrichtlinie) [3]
- Stoffe, die nach der Diskussion in Expertenkreisen der Mitgliedstaaten als schädlich für Mensch und/oder Umwelt angesehen werden; für die jedoch noch keine Regelungen vorliegen. Dies kann auch Stoffe beinhalten, die erst im Bauprodukt durch Abbau- und Reaktionsprozesse entstehen und freigesetzt werden können.

## Länderspezifische Regelungen

Als Definition für länderspezifische Regelungen werden die Vorgaben der Informationsrichtlinie 98/34/EG für technische Vorschriften [4] übernommen: Länderspezifische Regelungen sind danach alle De-jure- und/oder De-facto-Vorschriften der EU und der Mitgliedsstaaten wie Rechts- und Verwaltungsvorschriften und freiwillige Vereinbarungen, bei denen der Staat Vertragspartei ist und die im öffentlichen Interesse die Einhaltung von technischen Spezifikationen und sonstigen Vorschriften bezwecken.

## **2 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Im diesem Kapitel werden die für die Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" wichtigen europäischen Regelungen dargestellt. Als Beispiel für nationale Regelungen zur Umsetzung wird das Bauordnungsrecht in Deutschland erläutert.

### **2.1 Europäische Regelungen**

#### **2.1.1 EG-Bauproduktenrichtlinie (BPR)**

Die Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG [5]) hat zum Ziel, Handelshemmnisse für Bauprodukte im gemeinsamen Markt der Europäischen Union zu beseitigen und damit den freien Warenverkehr zu ermöglichen. Erreicht wird dies durch die Harmonisierung der unterschiedlichen technischen Regelungen in den Mitgliedstaaten. Die Bauproduktenrichtlinie ist ein Instrument des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft (EGV), der die Harmonisierung des EG-Binnenmarktes zum Ziel hat. Neben dem freien Warenverkehr legt der Vertrag auch fest, dass der freie Handel unter Berücksichtigung und Abwägung des Gesundheits- und Umweltschutzes erfolgen muss sowie dass ein hohes Schutzniveau anzustreben ist, das auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung beruht [6].

Die Bauproduktenrichtlinie ist eine Richtlinie nach dem Neuen Ansatz [7], d.h. an die zu regelnden Produkte wird nur eine allgemeine Zielsetzung und die wesentlichen Anforderungen gestellt. Die technischen Details legen CEN und EOTA<sup>1</sup> in den harmonisierten europäischen Normen und Zulassungen fest.

Die Richtlinie regelt Bauprodukte und definiert diese als Produkte, die hergestellt werden, um dauerhaft in Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus eingebaut zu werden. Diese Produkte sind im europäischen Wirtschaftsraum frei handelbar, wenn sie brauchbar sind. Als brauchbar stuft die Richtlinie Bauprodukte ein, die die nachfolgenden wesentlichen Anforderungen des Anhangs I erfüllen [5]:

1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
2. Brandschutz
- 3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz**
4. Nutzungssicherheit
5. Schallschutz
6. Energieeinsparung und Wärmeschutz

Die wesentliche Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" soll dazu beitragen, die Gesundheit der Bewohner und Anwohner sowie die unmittelbare Umgebung zu schützen. Dazu gibt die Richtlinie im Anhang I an, dass das Bauwerk so entworfen und ausgeführt werden muss, dass Hygiene und Gesundheit der Einwohner und Anwohner insbesondere nicht durch folgende Einwirkungen gefährdet werden [5]:

- Freisetzung giftiger Gase
- Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft
- Emission gefährlicher Strahlen
- Wasser- oder Bodenverunreinigung oder –vergiftung
- unsachgemäße Beseitigung von Abwasser, Rauch und festem oder flüssigem Abfall
- Feuchtigkeitsansammlung in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen in Innenräumen

Räumlich wird das Bauwerk und die unmittelbare Bauwerksumgebung betrachtet, was im wesentlichen die Innenraumluft, Versorgungs- und Entsorgungssysteme, den angrenzenden Boden und das Grundwasser umfasst. Zeitlich beschränken sich die Anforderungen der Richtlinie auf die Nutzungsphase des Gebäudes.

Die Bauproduktenrichtlinie regelt das Inverkehrbringen und die Verwendung der Bauprodukte. Da es sich um eine Richtlinie handelt, muss diese jedoch in nationales Recht umgesetzt werden. Die Umsetzung erfolgt in Deutschland aufgrund der Gesetzgebungskompetenzen für das Inverkehrbringen der Produkte durch das Bauproduktengesetz und für die Verwendung der Produkte durch die Landesbauordnungen.

Um unterschiedliche Schutzniveaus in den Mitgliedstaaten zu berücksichtigen, ermöglicht die Bauproduktenrichtlinie die Einführung von Stufen und Klassen in technischen Spezifikationen. Unter dem Begriff "technische Spezifikation" definiert die Richtlinie sowohl Normen als auch Zulassungen. Wenn die Bauprodukte nicht den harmonisierte-

---

1 CEN: Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)  
 EOTA: European Organisation for Technical Approvals (Europäische Organisation für technische Zulassungen)

ten Normen oder Zulassungen entsprechen, nationalen gesetzlichen Regelungen widersprechen oder von ihnen eine Gefahr für Gesundheit und Umwelt ausgeht, kann nach dem Schutzklauselverfahren (Art. 21 BPR) das Inverkehrbringen der Produkte durch die Mitgliedstaaten verboten werden.

Die Mitgliedstaaten bringen ihre Interessen in den nach Art. 19 BPR geschaffenen "Ständigen Ausschuss für das Bauwesen" ein, der beratend und regelnd tätig ist. Je Mitgliedstaat sind zwei Vertreter delegiert, die Abstimmung zu Vorschlägen der Europäischen Kommission erfolgt mit qualifizierter Mehrheit <sup>2</sup>.

### **2.1.2 Grundlagendokument Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz"**

Das Grundlagendokument Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" [8] konkretisiert und interpretiert die wesentlichen Anforderungen nach Art. 3 und 12 der Bauproduktenrichtlinie. Dabei wird vorgegeben, dass die harmonisierten technischen Spezifikationen für das Bauprodukt für den Zeitraum der Nutzung des Bauwerks folgende Eigenschaften erfassen müssen:

- Freisetzung von Schadstoffen in die Innenraumluft (z.B. VOC, anorganische und organische Teilchen, radioaktive Stoffe)
- Freisetzung von Schadstoffen in Außenluft, Boden und Wasser in der unmittelbaren Umgebung des Bauwerks

Die technischen Spezifikationen müssen auch Angaben enthalten, die dem Hersteller ermöglichen, die CE-Kennzeichnung des Produkts auch hinsichtlich der Emissionen von gefährlichen Stoffen zu vervollständigen, möglichst durch die Angabe harmonisierter Prüf- oder Rechenverfahren, um die Emission als Zahlenwert angeben zu können.

Die Erarbeitung der technischen Spezifikationen erfolgt anhand eines Mandatsverfahrens. Mit dem Mandat erteilt die Europäische Kommission an CEN oder EOTA den Auftrag, harmonisierte europäische Normen oder Leitlinien für technische Zulassungen (ETAG <sup>3</sup>) zu erarbeiten.

Um die Übereinstimmung des Produkts mit den technischen Spezifikationen zu erklären, werden von der Europäischen Kommission Konformitätsbescheinigungsverfahren festgelegt. Diese sehen in verschiedenen Abstufungen eine Erstprüfung, Produktprüfungen und eine Produktionsüberwachung durch eine einfache Herstellererklärung und/oder durch unabhängige notifizierte Prüf-, Überwachungs- oder Zertifizierungsstellen vor.

Wenn das Bauprodukt einer harmonisierten Norm oder technischen Zulassung entspricht und somit brauchbar ist, sowie das Konformitätsverfahren durchgeführt wurde, kann es mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet und im EU-Binnenmarkt in Verkehr gebracht und frei gehandelt werden.

---

<sup>2</sup> Die Stimmen der Mitgliedstaaten werden entsprechend der jeweiligen Bevölkerungszahl gewichtet (siehe Artikel 205, Absatz 2, EG-Vertrag) [6].

<sup>3</sup> ETAG: European Technical Approval Guideline

### 2.1.3 Leitpapier H

Da in den Mandaten zur Erstellung harmonisierter technischer Spezifikationen bezüglich der Freisetzung von gefährlichen Stoffen nur ein relativ allgemein gehaltener Anhang (Annex 4) existiert, ist die Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in den technischen Spezifikationen in der Praxis schwierig. Mit dem Leitpapier H "A harmonized approach relating to dangerous substances under the Construction Products Directive" soll den Verfassern von technischen Spezifikationen eine Hilfestellung zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 gegeben werden [9]. Das Leitpapier hat einen hohen Stellenwert, obwohl es nicht rechtlich verbindlich sind. Wenn das Leitpapier über die Anforderungen in den Mandaten hinausgeht, muss es nach Anweisungen der Kommissionsdienste zusätzlich berücksichtigt werden.

Zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in den technischen Spezifikationen gibt das Leitpapier H verschiedene Schritte vor:

#### 1. Erfassung von gefährlichen Stoffen im Bauprodukt, die gesetzlich geregelt sind

Die Verfasser der technischen Spezifikationen sollen alle gesetzlichen Regelungen, die die im Bauprodukt eingesetzten gefährlichen Stoffe betreffen, ermitteln. Anhaltspunkte ergeben sich aus dem Produktmandat, das potentiell enthaltene gefährliche Stoffe auf- listet (z.B. Asbest, Formaldehyd, Cadmium) oder aus der von der Europäischen Kommission eingerichteten Datenbank für geregelte Stoffe (siehe auch Kap. 3.1.1).

#### 2. Feststellung, ob der gefährliche Stoff in der technischen Spezifikation und in der CE-Kennzeichnung zu erfassen ist

Um das entsprechende Schutzniveau zu gewährleisten, sind die gefährlichen Stoffe auf drei Arten geregelt:

- Stoffe, die auf Gemeinschaftsebene geregelt sind, müssen nicht mehr in der CE-Kennzeichnung aufgenommen werden, da die Hersteller diese harmonisierten Anforderungen immer erfüllen müssen.
- Bei Stoffen, die auf Gemeinschaftsebene geregelt sind, für die aber nationale Abweichungen existieren, muss in der CE-Kennzeichnung eine entsprechende Information enthalten sein, da es unterschiedliche Stufen der Anforderung gibt.
- Bei Stoffen, die nur national geregelt sind, müssen die unterschiedlichen Anforderungen in der CE-Kennzeichnung berücksichtigt werden. Die unterschiedlichen Prüfmethoden müssen harmonisiert werden.

Regelungen, die nicht in den Anwendungsbereich der Bauproduktenrichtlinie fallen, wie z.B. der Arbeitsschutz, sollen angemessen berücksichtigt werden, da das Leitpapier H ein gemeinsames Konzept in diesem Bereich als positiv einstuft. Diese können z.B. als informativer Teil in der harmonisierten Norm im Anhang ZA<sup>4</sup> aufgeführt werden, sind aber nicht Bestandteil der CE-Kennzeichnung.

---

4

Der Anhang ZA einer harmonisierten Norm nennt die Abschnitte der Norm, die das Mandat der Europäischen Kommission umsetzen. Nur diese Abschnitte sind Grundlage der CE-Kennzeichnung. Die übrigen Abschnitte haben einen freiwilligen Charakter.

### **3. Feststellung des aktuellen "Stand der Technik"**

Die Verfasser der technischen Spezifikationen sollen für die betroffenen gefährlichen Stoffe Prüf- und Bestimmungsmethoden nach dem aktuellen Stand der Technik ermitteln. Dabei sollen auch deskriptive Lösungen betrachtet werden. Wenn geeignete Verfahren zur Bestimmung der Freisetzung fehlen, sollte ein pragmatischer Ansatz, wie die Bestimmung des Gehalts, verfolgt werden.

### **4. Wahl einer harmonisierten Bestimmungsmethode für jeden gefährlichen Stoff**

Die Eigenschaften der gefährlichen Stoffe sollen vorzugsweise als Freisetzung oder als Strahlung angegeben werden. Die Freisetzung der Stoffe soll in der technischen Spezifikation wie jedes andere Leistungsmerkmal des Produkts (z.B. Biegefestigkeit, Wärmeleitfähigkeit) behandelt werden, d.h. die Wahl einer harmonisierten Bestimmungsmethode, eine definierte Form der CE-Kennzeichnung und wenn notwendig die Aufnahme der Option "Keine Leistung festgestellt". Wenn möglich sollen stoffübergreifende Prüfmethoden eingesetzt werden.

Das Leitpapier H verweist auch auf die Möglichkeit von deskriptiven Lösungen, wie z.B. die Beschränkung des Gehalts, wenn eine klare Beziehung zwischen dem Gehalt und der Freisetzung im eingebauten Zustand besteht und die Bestimmung der Freisetzung wegen fehlender Methoden oder zu hoher Kosten nicht möglich ist. Aber auch für den Fall einer fehlenden Beziehung zwischen Gehalt und Freisetzung kann die Angabe des Gehalts in der CE-Kennzeichnung akzeptiert werden, wenn es sich z.B. um Stoffe handelt, die in der europäischen Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG [10] geregelt sind. Eine weitere deskriptive Lösung ist die Überprüfung der Bestandteile des Bauprodukts, da davon ausgegangen wird, dass keine Freisetzung von gefährlichen Stoffen erfolgt, wenn die eingesetzten Bestandteile geprüft wurden. Bei der Verwendung von deskriptiven Lösungen wird darauf hingewiesen, dass diese bei Bauprodukten angewandt werden sollten, über die ausreichende Erfahrungen vorliegen.

### **5. Festlegung von Stufen und Klassen**

Die technischen Spezifikationen müssen die unterschiedlichen Schutzniveaus der europäischen oder nationalen Gesetzgebung berücksichtigen z.B. in Form von Stufen oder Klassen für verschiedene Emissionsstufen. Wenn notwendig, ist auch die Stufe "Nullgehalt" oder "Stoff verboten" in der Spezifikation aufzuführen.

### **6. Festlegungen bezüglich der Angaben in der CE-Kennzeichnung**

In den technischen Spezifikationen müssen Aussagen getroffen werden, wie die Freisetzung gefährlicher Stoffe in der CE-Kennzeichnung zu erfassen und darzustellen ist, wobei auch die Option "Keine Leistung festgestellt" möglich sein muss.

## 2.2 Nationale Regelungen

### Bauordnungsrecht in Deutschland

Die europäische Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG wurde durch das **Bauproduktengesetz (BauPG)** in deutsches Recht umgesetzt [11]. Das Bauproduktengesetz regelt wie die Bauproduktenrichtlinie das Inverkehrbringen der Bauprodukte, während die Verwendung in der Musterbauordnung (MBO) [12] und den darauf basierenden Landesbauordnungen festgelegt wird.

In Bezug auf Gesundheits- und Umweltanforderungen regelt die deutsche Musterbauordnung basierend auf dem Prinzip der vorbeugenden Gefahrenabwehr in § 3, dass bauliche Anlagen so anzurichten, zu errichten, zu ändern und in Stand zu halten sind, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden. Im § 13 spezifiziert die MBO diese Anforderungen dahingehend, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, pflanzliche und tierische Schädlinge sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen dürfen.

Die Verwendung der einzelnen Bauprodukte regelt im Detail die Bauregelliste (BRL) [13] des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) durch die Bekanntmachung der gültigen technischen Regeln. Bei der Vorbereitung der Liste der Technischen Baubestimmungen und bei der Aufstellung und Bekanntmachung der Bauregellisten wird durch den Hinweis auf entsprechende technische Regeln und Richtlinien das nationale Schutzniveau für genormte Produkte festgelegt. Bauaufsichtlich relevante Bauprodukte, für die es keine allgemein anerkannten Regeln gibt, müssen ihre Brauchbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, ein Prüfzeugnis oder durch eine Zustimmung im Einzelfall nachweisen. Die Bestätigung der Verwendbarkeit erfolgt über den Übereinstimmungsnachweis. Die Kennzeichnung auf dem Produkt ist das Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen).

## 3 Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz"

### 3.1 Stand der Umsetzung

Zur Beseitigung von Handelsbarrieren durch nicht harmonisierte technische Spezifikationen für Bauprodukte wurden in den Jahren 1993 bis 1999 von der Europäischen Kommission ungefähr 30 Mandate an die europäische Normungsorganisation CEN und etwa 20 Mandate an die europäische Zulassungsorganisation EOTA zur Erarbeitung von harmonisierten europäischen Normen bzw. technischen Zulassungsleitlinien erteilt. Eine Auflistung der an CEN und EOTA übertragenen Mandate findet sich im Anhang A2 und A3.

Im Rahmen dieser Mandatierung sind im Normungsbereich von CEN etwa 500 harmonisierte Bauproduktionsnormen zu erarbeiten. Seit der Veröffentlichung der ersten harmo-

nisierten Norm für Zement im Januar 2001<sup>5</sup> wurden bis Mai 2004 ungefähr 170 harmonisierte Bauproduktnormen und im Zulassungsbereich 31 harmonisierte europäische technische Zulassungsleitlinien (ETAG's) im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften veröffentlicht. Eine Auflistung der veröffentlichten harmonisierten Normen findet sich im Internet unter

<http://www.cenorm.be/cenorm/businessdomains/businessdomains/construction/index.asp>. Bei dieser ersten Generation harmonisierter technischer Spezifikationen ist die wesentliche Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" noch nicht harmonisiert. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Einerseits liegen in den Mitgliedstaaten unterschiedliche Regelungen und Niveaus, aber auch andere Vorstellungen zur Einbindung des Gesundheits- und Umweltschutzes vor. Andererseits fehlte in den technischen Komitees von CEN und EOTA anfangs sicher auch das entsprechende Expertenwissen und nicht zuletzt fehlen bis heute einheitliche Prüfmethoden zur Bestimmung der gefährlichen Stoffen in den Bauprodukten.

Um die Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie nicht weiter zu verzögern, wurde von CEN in Abstimmung mit der Europäischen Kommission beschlossen, die harmonisierten Normen auch ohne Festlegungen zum Gesundheits- und Umweltschutz zu verabschieden [14]. Stattdessen verweist eine Standardklausel<sup>6</sup> im Anhang ZA darauf, dass zusätzlich alle europäischen und nationalen Regelungen zu gefährlichen Stoffen zu berücksichtigen sind.

Unter allen Beteiligten wird jedoch als Ziel eine Harmonisierung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in der zweiten Normengeneration angestrebt. Diese soll im Rahmen der nach fünf Jahren geprüften Überarbeitung der Normen durch CEN erfolgen. Allerdings ist derzeit zu befürchten, dass für viele Produktnormen auch nach diesem Zeitraum noch nicht alle benötigten harmonisierten Prüfverfahren zur Verfügung stehen. Bevor geeignete Prüfmethoden verfügbar sind, könnten die für den Gesundheits- und Umweltschutz erforderlichen Angaben in Produktnormen — zumindest vorübergehend — deskriptiv z.B. durch eine Einschränkung der einzusetzenden Materialien erfolgen.

Im Zulassungsbereich übernahm EOTA die Standardklausel von CEN in die Musterformulierungen (Model Clauses) der europäisch technischen Zulassungsleitlinien (ETAG's). Darüber hinaus fordern diese Musterformulierungen eine schriftliche Herstellererklärung, ob das Produkt gefährliche Stoffe nach relevanten europäischen oder nationalen Regelungen enthält. Falls solche gefährlichen Stoffe enthalten sind, werden in der europäischen technischen Zulassung (ETA<sup>7</sup>) Prüfmethoden aufgeführt, anhand deren die Stoffe zu bestimmen sind. Werden diese Stoffe in der ETA nicht behandelt, so ist die Option "keine Leistung festgestellt" (No performance determined – npd) anzugeben. Die Musterformulierungen schreiben weiterhin vor, dass das Produkt eindeutig zu identifizieren ist. Als Hilfestellung werden beispielhaft fünf Identifizierungsmöglichkeiten angegeben:

- Fingerprint (i.d.R. Infrarot-Spektrum)
- Rezeptur

---

5 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften C 20/5, 23.01.2001

6 In addition to any specific clauses relating to dangerous substances contained in this standard, there may be other requirements applicable to the products falling within its scope (e.g. transposed European legislation and national laws, regulations and administrative provisions). In order to meet the provisions of the EU Construction Products Directive, these requirements need also to be complied with, when and where they apply. Note: an informative database of European and national provisions on dangerous substances is available at the Construction web site on EUROPA (CREATE, accessed through <http://europa.eu.int>).

7 ETA: European Technical Approval

- Parameter des Herstellungsprozesses
- Prüfung physikalischer Eigenschaften
- Berechnungen, Pläne, Details,

die in Abhängigkeit von der Art des Produkts, der Relevanz der wesentlichen Anforderung, praktischen Toleranzen und dem Verwendungszweck vom Hersteller in Abstimmung mit der Zulassungsbehörde ausgewählt werden [15].

### **Aktivitäten der Europäischen Kommission**

Um die Harmonisierung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 umzusetzen, initiierte die Europäische Kommission (Generaldirektion Unternehmen) im Januar 2003 die Arbeitsgruppe "Working group on regulated substances (WGRS)", in der Vertreter der Kommission, der Industrie und von Bau- und Umweltbehörden der Mitgliedstaaten mitarbeiten. Bisherige Aufgabe dieser Arbeitsgruppe ist es, die EU-Datenbank für geregelte Stoffe zu überarbeiten sowie Mandate an CEN für die Erstellung von harmonisierten Prüfmethoden für gefährliche Stoffe zu erstellen und die Umsetzung dieser Arbeitsergebnisse zukünftig zu begleiten.

#### **3.1.1 EU-Datenbank für geregelte Stoffe**

In den derzeit vorliegenden Mandaten zu Bauprodukten gibt es nur ungenügende oder keine Aussagen darüber, welche gefährlichen Stoffe aus den Bauprodukten freigesetzt werden können bzw. in ihnen enthalten sind. Seitens der Europäischen Kommission wird deshalb zur Zeit als Arbeitshilfe zur Festlegung der zu regelnden gefährlichen Stoffe eine informative EU-Datenbank aufgebaut, die europäische und abweichende nationale Regelungen zu gefährlichen Stoffen enthalten soll. Diese EU-Datenbank, die im Internet unter <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/dangsub/dangmain.htm> abrufbar ist, wendet sich an die Ersteller von technischen Spezifikationen und die Hersteller von Bauprodukten.

Die neue Fassung der Datenbank enthält die für Bauprodukte relevanten Regelungen der Mitgliedstaaten und der Europäischen Union zu gefährlichen Stoffen, mit den entsprechenden Grenzwerten, Angaben zum Freisetzungsvorverhalten sowie Prüfmethoden. Der Zugang zu den Informationen ist voraussichtlich über folgende Abfragen möglich:

- Stoffname
- Bauprodukt
- Mitgliedstaat/EU
- "Freisetzungsszenario" (Innenraum, Außenluft, Grundwasser, Oberflächenwasser, Trinkwasser, Boden, Radioaktivität)
- Emissionsverhalten (Freisetzung durch Ausgasung, Auslaugung, Radioaktivität, mikrobielles Wachstum, Gehalt)

Für die Pflege der Datenbank ist die Europäische Kommission verantwortlich, den aktuellen Stand der Daten sollen die Mitgliedstaaten liefern.

### 3.1.2 Mandat an CEN zur Erarbeitung von horizontalen Prüfmethoden für gefährliche Stoffe

Aufgrund der enormen Stoffvielfalt, die in Bauprodukten eingesetzt werden kann, wird von der Europäischen Kommission zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 ein schrittweises Vorgehen präferiert. In einem ersten Schritt sollen nur die "geregelten Stoffe" und Bauprodukte betrachtet werden, die aufgrund ihres Gesundheits- und Umweltschädigungspotentials und ihrer Quantität als prioritär angesehen werden. Eine Hilfestellung zur Identifizierung der gebräuchlichsten Bauprodukte und ihrer Inhaltsstoffe sollen dabei technische Reports leisten, die von CEN im Rahmen des erteilten Mandats erarbeitet werden sollen.

Als "geregelte Stoffe" gelten nach dem derzeitigen Diskussionsstand bei der Europäischen Kommission Stoffe, die in der europäischen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [3], anderen EU-Richtlinien und nationalen Regelungen, die für Bauwerke und Bauprodukte relevant sind, geregelt werden.

Die Freisetzung gefährlicher Stoffe aus Bauprodukten wird anhand der möglichen Freisetzungsszenarien in Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Innenraum und Außenluft strukturiert. In einem ersten Schritt erarbeitete die Arbeitsgruppe „Commission Expert Group on Dangerous Substances in the field of Construction Products“, die die Europäische Kommission zu ihrer Beratung berufen hat, einen Mandatsentwurf zur Erstellung von harmonisierten Prüfmethoden für geregelte Stoffe.

Um den Prüfaufwand für die Bestimmung der freigesetzten Stoffe gering zu halten, sollen Bauprodukte identifiziert werden, die aufgrund einer überschaubaren stofflichen Zusammensetzung bzw. bestehender Erfahrungen hinsichtlich der Freisetzung von geregelten Stoffen nicht zusätzlich geprüft werden müssen (sog. **WFT-Produkte**, „without further testing“). Für alle weiteren Bauprodukte, die gefährliche Stoffe freisetzen können und die nicht in die WFT-Produktliste aufgenommen werden können, sollen zur Bestimmung dieser Stoffe (Gehalt oder Freisetzung) harmonisierte Prüfmethoden erarbeitet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass derzeit von der Europäischen Kommission nur Prüfmethoden für Stoffe erarbeitet werden sollen, die europäisch oder national geregelt sind ("geregelte Stoffe").

Der Mandatsentwurf der Europäischen Kommission an CEN „The development of horizontal standardised assessment methods for harmonised approaches relating to dangerous substances under the construction products directive“ wurde im Oktober 2004 im Ständigen Ausschuss für das Bauwesen beraten. Dieser Entwurf deckt Emissionen der Bauprodukte in die Innenraumluft, Boden, Oberflächen- und Grundwasser ab. Er besteht neben dem allgemeinen Teil aus 5 Anhängen, die folgende Hauptinhalte haben:

Annex 1: Er enthält den Arbeitsauftrag an CEN, 4 technische Berichte zu den Themen Handelsbarrieren, horizontale Prüfkonzepte, Vorgehensweise für unbedenkliche Produkte (without further testing) sowie zur Anwendung der Verfahren und zur Verwendung der Ergebnisse bei der CE-Kennzeichnung anzufertigen. Diese sollen die bestehenden Kenntnisse und Erfahrungen zu Baupunktuntersuchungen zusammentragen und bisher angewandte und auch in verwandten Bereichen, z. B. der Boden- und Abfallcharakterisierung, entwickelte Testverfahren identifizieren.

Annex 2: Er beauftragt eine Bestandsaufnahme und ggf. Vervollständigung von Normen für Probenahmeverfahren.

Annex 3: Er beinhaltet Prüfnormen zur Bestimmung des Gehalts an gefährlichen Substanzen in Bauprodukten.

Annex 4: Er umfasst Prüfnormen zur Bewertung von Emissionen aus den Bauprodukten bezüglich Boden und Grundwasser.

Hier stehen jeweils die Emissionsszenarien in Abhängigkeit vom vorgesehenen Verwendungszweck im Mittelpunkt. Probenahme, Probenaufbereitung, Analysenverfahren und Prüfbericht sind ergänzende Elemente der zu erarbeitenden Normen. Es sollen in erster Linie die bereits existierenden Normen berücksichtigt werden. Ein wichtiger Arbeitspunkt ist die Validierung.

Annex 5: Er wendet sich den Prüfnormen zur Bewertung von Emissionen aus den Bauprodukten bezüglich der Innenraumluft zu.

Hier gilt sinngemäß das oben zum Bereich Boden und Grundwasser Gesagte.

Nach Bestätigung des Mandats durch die Mitgliedstaaten, wird CEN die notwendigen Arbeiten zur Erstellung eines Arbeitsprogramms aufnehmen. Die Erarbeitung der horizontalen Prüfmethoden soll durch ein horizontales Technisches Komitee (TC) bei CEN erfolgen, das allerdings mit den bereits bestehenden Produkt- und Umwelt-TC's zusammenarbeiten soll. Da die harmonisierten Prüfmethoden auch in europäischen technischen Zulassungen eingesetzt werden sollen, wird von der Europäischen Kommission eine Beteiligung der relevanten EOTA-Stellen angestrebt.

Die Fertigstellung der horizontalen Prüfmethoden wird bis Ende 2007 angestrebt. Diese Frist erscheint allerdings unrealistisch. Notwendige vertikale Prüfnormen sollen bis Ende 2010 erstellt werden. Die Arbeitsgruppe „Commission Expert Group on Dangerous Substances in the field of Construction Products“, die die Kommission bei der Erarbeitung des aktuellen Mandatentwurfs beraten hat, wird nach den gegenwärtigen Vorstellungen die Arbeit bei CEN begleiten, weitere notwendige Mandate erarbeiten sowie die Mandate bei neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen, neuen Prüfmethoden oder neuen politischen Entwicklungen ergänzen.

### 3.1.3 Diskussion der gegenwärtigen Umsetzungsaktivitäten

#### Welche potentiell freisetzbaren Stoffe sind zu betrachten?

In der europäischen Union werden etwa 30.000 Chemikalien mit einer Jahresproduktion von mehr als 1 Tonne und etwa 2.700 Chemikalien mit einer Jahresproduktion über 1.000 Tonnen vermarktet [16]. Erst für ungefähr 100 dieser Chemikalien wurde eine Risikobewertung über eine mögliche Gesundheits- und Umweltgefährdung im Sinne der EG-Altstoffverordnung [17] durchgeführt. Nach dem derzeitigen Zeitplan sollen im Rahmen der neuen europäischen Chemikalienpolitik bis 2012 die genannten 30.000 Stoffe registriert und Stoffe mit gefährlichen Eigenschaften hinsichtlich ihres Gesundheits- und Umweltgefährdungspotentials bewertet werden.

Diese Zahlen zeigen, dass in Produkten – und somit auch in Bauprodukten – eine Vielzahl von Stoffen eingesetzt werden kann, die zum größten Teil hinsichtlich ihres Gesundheits- und Umweltgefährdungspotentials bisher von keiner unabhängigen Stelle bewertet wurden. Dem stehen nur wenige Regelungen für gefährliche Stoffe gegenüber, die für Bauprodukte relevant sind. Die überwiegende Anzahl dieser Regelungen findet sich in der europäischen Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG [10]. Von den 47 dort aufgeführten Regelungen für Einzelstoffe oder Summenparameter sind z.B. nur etwa 20 Verbote oder Beschränkungen für die Anwendung in Bauprodukten relevant. Mehr als die Hälfte der Regelungen gilt für gefährliche Stoffe in anderen Anwendungen und decken somit eine mögliche Verwendung in Bauprodukten nicht ab.

Neben den wenigen stoffbezogenen Regelungen für Bauprodukte existieren auch Vorgaben für einzelne Umweltbereiche, die allerdings häufig sehr allgemein formuliert sind. Ein Beispiel hierfür ist das deutsche Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das in § 1a

fordert, Gewässer (einschließlich Grundwasser) so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit dienen und vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben [18]. Ein weiteres Beispiel ist das deutsche Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG), das u.a. die Verwertung von Abfällen, die auch in Bauprodukten eingesetzt werden können, regelt. So besagt z.B. § 5 (3) KrW-/AbfG, dass es bei der Verwertung von Abfällen, insbesondere durch ihre Einbindung in Erzeugnisse, zu keiner Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit kommen darf, d.h. eine schadlose Verwertung gefordert wird, die auch zu keiner Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf führen darf [19].

Neben den gesetzlichen Regelungen liegen aber oft nur technische Baubestimmungen vor, die den Anwendungsbereich, Grundsätze und Nachweisregeln auf einem nicht genau quantifizierbaren Schutzniveau festlegen, es jedoch als gesellschaftlicher Konsens gesehen wird, dass die Produkte nach den Erfahrungswerten "hinreichend sicher" sind. Dies betrifft jedoch in vielen Fällen nur das Schutzniveau aus technischer Sicht. Gesundheits- und Umweltanforderungen werden in den technischen Regeln oft nicht aufgeführt.

In der gegenwärtigen Diskussion zu den Prüfmethodenmandaten werden die zu betrachtenden "geregelten Stoffe" als Stoffe definiert, die in der europäischen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [3], anderen EU-Richtlinien und nationalen Regelungen, die für Bauwerke und Bauprodukte gelten, geregelt werden. Eine andere Definition, die ebenfalls diskutiert wird, betrachtet als "geregelte Stoffe" nur Stoffe, die national oder europäisch beschränkt oder verboten sind. Damit würde jedoch die überwiegende Mehrzahl der Stoffe, die nach der europäischen Stoffrichtlinie 67/548/EWG als gefährlich eingestuft sind, nicht berücksichtigt werden, da nur ein Bruchteil der Stoffe der Stoffrichtlinie in der für Bauprodukte relevanten Anwendung beschränkt oder verboten ist.

Die Definition dieses Forschungsvorhabens für "gefährliche Stoffe" ist weitergehender als die oben angeführte Definition für "geregelte Stoffe". Hier werden auch Stoffe als "gefährlich" definiert, die bisher noch nicht geregelt sind, aber wissenschaftlich fundierte Hinweise vorliegen, die eine Gefährdung des Gebäudeutzers und/oder der unmittelbaren Gebäudeumgebung durch die Verwendung solcher Stoffe in Bauprodukten annehmen lassen (siehe Definition Kap. 1). Diese Definition orientiert sich an den Vorgaben der Bauproduktenrichtlinie, die fordert, dass von dem Bauwerk keine Gefährdung des Nutzers und der unmittelbaren Umgebung ausgehen darf, sofern für die Bauwerke Regelungen gelten, die entsprechende Anforderungen enthalten. Dies entspricht auch den Vorgaben des deutschen Bauordnungsrechts, wonach bauliche Anlagen Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährden dürfen. Die Bauproduktenrichtlinie ebenso wie das deutsche Bauordnungsrecht gelten also nicht nur für Gefährdungen, die von geregelten Stoffen ausgehen.

## Welche Regelungen sind zu berücksichtigen?

Nach Vorgabe der Europäischen Kommission sollen als Regelungen<sup>8</sup> der Mitgliedstaaten nur notifizierte<sup>9</sup> Regelungen aufgenommen werden. Hintergrund für diese Vorgabe ist, dass nach Auffassung der Kommission nationale Schutzanforderungen als begründet gelten, wenn sie im Rahmen des Notifizierungsverfahrens mitgeteilt und gebilligt wurden. Ziel des Notifizierungsverfahrens ist die Verhinderung von neuen Handelshemmissen für den Binnenmarkt. Nach Vorgabe der "Neuen Konzeption" im Bereich der Normung [7] und nach dem Vertrag der Europäischen Gemeinschaften [6] darf bei der Beseitigung von Handelshemmissen jedoch der bestehende und begründete Schutz in den Mitgliedstaaten nicht verringert werden. Um die vorhandenen Schutzniveaus der Mitgliedstaaten auch beim freien Warenverkehr im Sinne der "Neuen Konzeption" zu erhalten, müssen diese durch die Behörden der Mitgliedstaaten notifiziert werden.

Hier ist anzumerken, dass das Schutzniveau auch durch Regelungen mit Empfehlungscharakter repräsentiert wird, die nach der Informationsrichtlinie 98/34/EG [4] nicht notifiziert werden müssen, jedoch in den Mitgliedstaaten eingehalten werden. Die Beschränkung des Schutzniveaus auf notifizierte Regelungen wird somit der Praxis in den Mitgliedstaaten nicht immer gerecht.

Um neue Erkenntnisse hinsichtlich eines Gesundheits- und Umweltgefährdungspotentials des Bauprodukts berücksichtigen zu können, sollten die technischen Spezifikationen einen Hinweis enthalten, dass nicht nur vorhandene Regelungen zu berücksichtigen sind, sondern bei entsprechenden Hinweisen auch zusätzliche Anforderungen gestellt werden können, um eine Gefährdung des Gebäudenutzers oder der Umwelt abzuwenden.

## 3.2 Lösungsansatz zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen

Die Bauproduktenrichtlinie und die Konkretisierung im Grundlagendokument Nr. 3 fordern hinsichtlich der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz", dass der Gebäudenutzer und die unmittelbare Umwelt durch die bauliche Anlage nicht gefährdet werden dürfen.

Für die konsequente Berücksichtigung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in den technischen Spezifikationen sollte ein abgestuftes Konzept gewählt werden. Zur Beurteilung einer möglichen Freisetzung von gefährlichen Stoffen sind sowohl Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung und den Aufbau als auch die geplante Verwendung der Produkte in baulichen Anlagen (z.B. direkter Kontakt zur Innenraumluft oder kein Kontakt) notwendig. So kann z.B. ein als kritisch eingestuftes Produkt durchaus Anwendungsbereiche aufweisen, die zu keiner Gefährdung von Gesundheit und Umwelt führen.

---

<sup>8</sup> Als Regelungen werden technische Vorschriften nach der Informationsrichtlinie 98/34/EG definiert. Im Sinne der Richtlinie sind dies technische Spezifikationen sowie sonstige Vorschriften einschließlich der einschlägigen Verwaltungsvorschriften, deren Beachtung de jure oder de facto für das Inverkehrbringen oder die Verwendung des Produkts im Mitgliedstaat oder in einem großen Teil dieses Staates verbindlich ist. Der Begriff "sonstige Vorschrift" umfasst auch Vorschriften, die zum Schutz der Verbraucher oder der Umwelt erlassen werden [4].

<sup>9</sup> Notifizierte Regelungen sind von den Mitgliedstaaten an die Europäische Kommission im Rahmen der Richtlinie 98/34/EG [4] oder nach Artikel 95 EG-Vertrag [6] mitgeteilte Vorschriften, die von der Kommission gebilligt wurden.

Unter Berücksichtigung der Zusammensetzung und des Anwendungsbereichs sollten die mandatierten Bauprodukte eingeteilt werden in Produkte, die aufgrund bestehender Erfahrungen als offensichtlich unbedenklich anzusehen und an die keine zusätzlichen Prüfanforderungen zu stellen sind (WFT-Produkte – Without further testing) bis hin zu Produkten, bei denen die gesundheitlichen bzw. umweltrelevanten Auswirkungen nur durch spezifische, auf den Einzelfall bezogene Prüfungen im Zulassungsverfahren zu bewerten sind. Für die dazwischen liegenden Produkte, die im Normbereich verbleiben, sollten in den Normen Festlegungen getroffen werden, die gewährleisten, dass eine Gefährdung des Nutzers und der Umwelt hinreichend sicher ausgeschlossen werden kann.

### **WFT-Produkte (Without further testing)**

Bauprodukte, deren Inhaltsstoffe bekannt sind und die aufgrund langjähriger Erfahrungen keine Freisetzung von gefährlichen Stoffen erwarten lassen, sollten in eine Liste für WFT-Produkte (Without further testing) aufgenommen werden, an die keine zusätzlichen Anforderungen hinsichtlich vorzunehmender Prüfungen zum Freisetzungsverhalten von gefährlichen Stoffen zu stellen sind. In den entsprechenden Produktnormen sollte der Hinweis aufgenommen werden, dass es sich um ein WFT-Produkt handelt. Die Zusammensetzung und der Anwendungsbereich für das entsprechende Bauprodukt sind in der Norm genau festzulegen. Wie bereits im Kap. 3.1.2 dargestellt, beinhaltet der Entwurf des Mandats für gefährliche Stoffe in Bauprodukten die Erarbeitung eines Technischen Reports, der Kriterien für die Einstufung als WFT-Produkt festlegen soll.

### **Genormte Produkte**

Bauprodukte, die für die Aufnahme in eine WFT-Produktliste nicht geeignet sind, sollten im Normungsbereich verbleiben, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden können. Im Normungsbereich ist die chemische Zusammensetzung des Produkts oft nicht einmal dem Hersteller selbst hinreichend bekannt; beim Einsatz bestimmter Rohstoffe z.B. nur dem Zulieferanten, d.h. dem Hersteller dieses Einsatzstoffs. Die Normen treffen weiterhin zu den eingesetzten Materialien in der Regel keine oder nur allgemeine Aussagen. Hier ist zu fordern, die jeweiligen Bauprodukte in den Produktnormen im Hinblick auf ihre chemische Zusammensetzung so genau wie möglich zu beschreiben bzw. gegebenenfalls auch die Stoffvielfalt zu beschränken. Aufgrund langjähriger Erfahrungen mit den genormten Produkten sollte die Freisetzung gefährlicher Stoffe bekannt und in vielen Fällen auch geregelt sein. Diese gefährlichen Stoffe, die aus dem Bauprodukt freigesetzt werden können bzw. deren Gehalt problematisch ist, müssen in der Produktnorm mit den entsprechenden harmonisierten Prüfmethoden aufgeführt werden. Um eine Bewertung durch die Mitgliedstaaten zu ermöglichen, sind für diese Schadstoffparameter in der CE-Kennzeichnung Stufen oder Klassen oder deklarierte Werte anzugeben.

In den derzeit vorhandenen Mandaten zu Bauprodukten gibt es nur ungenügende oder keine Aussagen darüber, welche gefährlichen Stoffe aus den Bauprodukten freigesetzt werden können bzw. in ihnen enthalten sind. Zur Festlegung der zu betrachtenden Stoffe sollte eine Liste der gefährlichen Stoffe erarbeitet werden, die aus Bauprodukten freigesetzt werden können bzw. deren Gehalt als problematisch einzustufen ist. Wichtig ist hierbei der Hinweis, dass von einer Vollständigkeit der aufgelisteten Stoffe nicht ausgegangen werden kann und bei entsprechenden Informationen auch weitere gefährliche Stoffe in den technischen Spezifikationen berücksichtigt werden müssen. Die Festlegung der als gefährlich anzusehenden Stoffe sollte intensiv diskutiert werden. Eine alleinige Betrachtung von geregelten Stoffen wie im Kap. 3.1.3 dargestellt, wird jedoch nicht ausreichend sein.

Die vollständige Bewertung aller Inhaltsstoffe wird, abhängig von der Komplexität des Produkts, im Normungsbereich prinzipiell sehr schwierig sein. Aus diesem Grund sollten, wie bereits im deutschen Zulassungsverfahren praktiziert, auch im Normungsbereich weitergehende Prüf- und Bewertungsschemata herangezogen werden wie z.B. das DIBt-Merkblatt "Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser" [20] oder das Konzept "Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten" [21] (siehe auch Kap. 5.3 und 6.1). Das DIBt-Merkblatt schreibt auch biologische Testverfahren vor und fordert die Einhaltung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für die Freisetzung von Schwermetallen und organischen Stoffen in Boden und Grundwasser. Durch die Prüfung der ökotoxikologischen Auswirkungen können möglicherweise auch ohne die genaue Kenntnis der enthaltenen Inhaltsstoffe Aussagen zum Umweltgefährdungspotential der Bauprodukte getroffen werden.

### **Produkte mit Zulassung**

Bauprodukte, für die keine Erfahrungen zum Freisetzungsverhalten von gefährlichen Stoffen vorliegen, sollten im Rahmen europäischer technischer Zulassungen harmonisiert werden. Hierbei wird es sich in der Regel um innovative und aus Sicht des Gesundheits- und Umweltschutzes noch nicht abschließend beschriebene Produktgruppen mit einer großen Stoffvielfalt handeln. Auch beim Einsatz von Abfällen, die in ihrer Zusammensetzung nicht definiert werden können und für die keine langjährigen Erfahrungen vorliegen, sollten diese Bauprodukte im Zulassungsverfahren betrachtet werden.

Da technische Zulassungen für definierte Bauprodukte erstellt werden, ist die Forderung zulässig und auch umsetzbar, die chemische Zusammensetzung des beantragten Bauprodukts bei der entsprechenden Zulassungsstelle detailliert zu hinterlegen, die dadurch eine Bewertung der Inhaltsstoffe vornehmen kann. Die Zuordnung der jeweiligen Bauprodukte zum Normungs- oder Zulassungsbereich sollte auf Mandatsebene durch die Europäische Kommission erfolgen.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht den Lösungsansatz, die Vielzahl der mandatierten Bauprodukte in verschiedene Gruppen einzuteilen. Diese Einteilung wird am Beispiel der in diesem Forschungsvorhaben detaillierter betrachteten Bauprodukte "Betonausgangsstoffe" und "Bodenbeläge" konkretisiert (siehe auch Kap. 5.7 und 6.3).

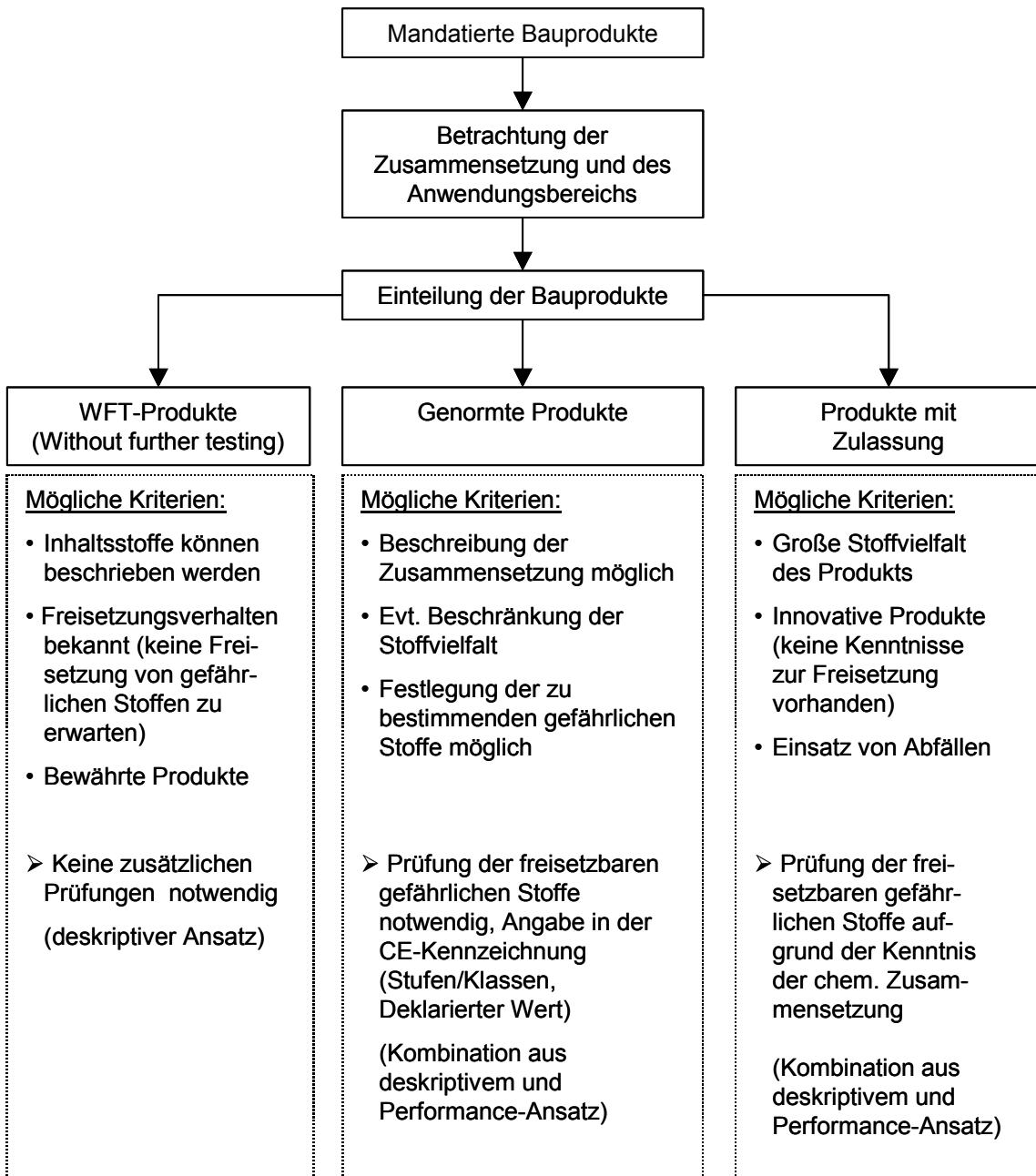


Abb. 1: Lösungsansatz zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen

## 4 Vorgehensweise zur Erarbeitung von Gesundheits- und Umweltkriterien für ausgewählte Bauprodukte

Nach den Angaben der europäischen Baustoffhersteller (CEPMC) werden in Europa mehr als 20.000 verschiedene Produkte und Materialien beim Bau von Gebäuden und Infrastruktur verwendet. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde die Vielzahl der verwendeten Bauprodukte eingeschränkt auf Produkte, für die ein Mandat der europäischen Kommission an die europäischen Normungs- und Zulassungsorganisationen CEN und EOTA zur Erarbeitung von harmonisierten europäischen Normen bzw. technischen Zulassungsleitlinien erteilt wurde. Die bisher erteilten Mandate (28 Mandate an CEN und 20 Mandate an EOTA) sind ähnlich aufgebaut. Zur Festlegung der gefährlichen Stoffe, deren Freisetzung bzw. Gehalt zu einer Gesundheits- und Umweltgefährdung führen kann, enthalten sie folgende wichtige Angaben:

- Verwendungszweck des Bauprodukts
- Anwendungsbereich der Bauprodukte mit den eingesetzten Materialien (beispielhaft)
- Vorgaben zu den von den harmonisierten technischen Spezifikationen zu erfassenden Leistungsmerkmalen wie z.B. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, Standsicherheit und Brandschutz
- Systeme der Konformitätsbescheinigung
- Allgemeiner Passus zu gefährlichen Stoffen (Anhang 4)

Bei den Vorgaben zu den von der harmonisierten Norm bzw. der technischen Zulassung zu erfassenden Leistungsmerkmalen "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" wird in einem Teil der Mandate die Abgabe von gefährlichen Stoffen genannt. In einzelnen Mandaten werden auch konkrete gefährliche Stoffe aufgeführt, die in den technischen Spezifikationen zu betrachten sind. Dabei handelt es sich jedoch immer nur um die Stoffe Asbest, Formaldehyd, Pentachlorphenol (PCP), Cadmium, Schwermetalle, polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und/oder Radioaktivität.

Im Anhang 4 wird darauf hingewiesen, dass alle Rechtsvorschriften (auch nationale Vorschriften) für gefährliche Stoffe einzuhalten sind. Des Weiteren wird dargelegt, dass eventuell auch Rechtsvorschriften für Materialien, die in Bauprodukten eingesetzt werden, die außerhalb des Anwendungsbereichs der Bauproduktenrichtlinie liegen wie z.B. Arbeitsschutzregelungen, einzuhalten sind. Als Hilfestellung für die Ersteller von technischen Spezifikationen wird auf die EU-Datenbank verwiesen, die Regelungen der Mitgliedstaaten und der Europäischen Union zu gefährlichen Stoffen aus/in Bauprodukten aufführt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden bei der Betrachtung des Freisetzungsvorhaltens bzw. des Gehalts von gefährlichen Stoffen aus/in Bauprodukten nur die Mandate an CEN zur Erarbeitung harmonisierter europäischer Produktnormen berücksichtigt, da eine Betrachtung auch der Mandate an EOTA aufgrund des Umfangs im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht möglich war.

Die Auswertung der CEN-Mandate lieferte durch die beispielhafte Angabe der eingesetzten Materialien und des Verwendungszwecks der Bauprodukte Hinweise auf eine mögliche Freisetzung von gefährlichen Stoffen in die Umweltmedien Boden, Grundwasser oder Innenraum bzw. auf den Gehalt gefährlicher Stoffe. Eine konkrete Beurteilung des Auslaug- und Emissionsverhalten von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten kann jedoch in der Regel nur durch die Auswertung von durchgeföhrten Untersuchun-

gen erfolgen. Zur Ermittlung der Freisetzung bzw. des Gehalts an gefährlichen Inhaltsstoffen wurden folgende Quellen herangezogen:

- Literaturrecherche  
(z.B. Forschungsberichte zum Freisetzungsverhalten von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten, Datenbanken wie Ecobis 2000 – ökologisches Baustoffinformationssystem)
- Informationen der Verbände von Bauproduktherstellern (z.B. Verein deutscher Zementwerke e.V., Deutsche Bauchemie e.V., Europäischer Holzwerkstoffverband - EPF)
- Produktinformationen der Hersteller
- Sachverständigenausschüsse des DIBt und andere Fachgremien
- Eigene Kenntnisse aus dem Zulassungsbereich

Aufgrund der großen Anzahl der CEN-Mandate wurden diese zwar ausgewertet, jedoch konnte im Rahmen des Forschungsvorhabens nur ein Teil der mandatierten Bauprodukte ausführlich recherchiert werden. Als Beispiel für die Freisetzung in Boden und Grundwasser wurden Betonausgangsstoffe (Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe und –zusatzmittel) ausgewählt, da es sich hier um Bauprodukte handelt, die in großen Mengen eingesetzt werden und praktisch allgegenwärtig sind. Als Schwerpunkt wurden Studien zum Auslaugverhalten von gefährlichen Stoffen ausgewertet. Das Umweltgefährdungspotential liegt hier vor allem bei der Freisetzung bzw. dem Gehalt an anorganischen Stoffen wie z.B. Schwermetallen.

Als Beispiel für die Freisetzung in den Innenraum wurden Bodenbeläge ausgewählt, da diese großflächig im Innenraum eingesetzt werden und somit eine potentielle Emissionsquelle darstellen. Bei Bodenbelägen kann vor allem die Freisetzung von flüchtigen organischen Verbindungen zu einer Gesundheitsgefährdung des Gebäudenutzers führen.

Von der europäischen Kommission wurden auch CEN-Mandate für Straßenbaustoffe erteilt. In Deutschland unterliegen nach § 1 (2) der Musterbauordnung Anlagen des öffentlichen Verkehrs (einschließlich Zubehör wie z.B. Straßenbaustoffe) nicht der Aufsicht der Bundesländer wie dies bei baulichen Anlagen und Bauprodukten der Fall ist. Aufgrund des anderen Regelungsbereichs wurden diese Produkte im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht betrachtet.

Die nachfolgende Tabelle listet die CEN-Mandate und kennzeichnet durch Fettdruck die detaillierter betrachteten Bauprodukte.

Tab. 1: CEN-Mandate zur Erarbeitung harmonisierter europäischer Bauproduktnormen (ohne Anlagen des öffentlichen Verkehrs und Brandverhalten)

Nr.	Mandats-Nr.	Mandat
1	M 100	Betonfertigteile
2	M 101	Türen, Fenster, verwandte Produkte
3	M 102	Dichtungsbahnen
4	M 103	Wärmedämmprodukte
5	M 104	Lager im Bauwesen
6	M 105	Abgasanlagen
7	M 106	Gipsprodukte
8	M 107	Geotextilien
9	M 108	Vorhangfassaden
10	M 109	Ortsfeste Brandbekämpfung
11	M 110	Sanitäreinrichtungen
12	M 112	Produkte aus Bauholz für tragende Zwecke
13	M 113	Holzwerkstoffe
<b>14</b>	<b>M 114</b>	<b>Zement, Baukalk und andere hydraulische Binder</b>
15	M 115	Betonstahl und Spannstahl für Beton
16	M 116	Mauerwerk und verwandte Erzeugnisse
17	M 118	Produkte für die Abwasserentsorgung und –behandlung
<b>18</b>	<b>M 119</b>	<b>Bodenbeläge</b>
19	M 120	Metallbauprodukte und Zubehörteile
20	M 121	Innen- und Außenwand- und Deckenbekleidungen
21	M 122	Bedachungen, Oberlichter, Dachfenster und Zubehörteile
<b>22</b>	<b>M 125</b>	<b>Zuschlagstoffe</b>
23	M 127	Bauklebstoffe
<b>24</b>	<b>M 128</b>	<b>Erzeugnisse für Beton, Mörtel, Einpressmörtel</b>
25	M 129	Raumerwärmungsanlagen
26	M 131	Rohre, Behälter und Zubehörteile, die nicht mit Trinkwasser in Berührung kommen
27	M 135	Flachglas, Profilglas, Glassteinerzeugnisse
28	M 136	Bauprodukte, die in Kontakt mit Wasser für den menschlichen Gebrauch kommen

Die Auswertung der nicht im Detail betrachteten Mandate wird in Form einer Liste im Anhang A4 dargestellt. Die Liste liefert Angaben zu:

- dem Verwendungszweck des Bauprodukts
- möglichen eingesetzten Materialien

- bereits im Europäischen Amtsblatt veröffentlichten harmonisierten Bauproduktnormen
- potentiell freisetzbaren gefährlichen Stoffen sowie
- freiwilligen Regelungen, die Informationen zu Stoffverboten und –beschränkungen beinhalten.

Zwar konnten, wie bereits erwähnt, aufgrund der enormen Material- und Stoffvielfalt nicht alle Bauprodukte detailliert betrachtet werden; diese detaillierte Betrachtung des Freisetzungsvorhalts von gefährlichen Stoffen muss jedoch für alle Bauprodukte erfolgen, um Aussagen treffen zu können, welche Anforderungen hinsichtlich Gesundheits- und Umweltkriterien in den technischen Spezifikationen aufgenommen werden müssen.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass in der Europäischen Union Bauprodukte verwendet werden, für die bislang noch kein Mandat zur Erstellung von harmonisierten europäischen Normen besteht, die jedoch ein hohes Gesundheits- und Umweltgefährdungspotential aufweisen können. Um eine Gefährdung im Sinne der Bauproduktenrichtlinie auszuschließen, sollten alle Produktgruppen, die als Bauprodukte im Sinne der Bauproduktenrichtlinie aufgefasst werden können und auf die mindestens eine wesentliche Anforderung der Bauproduktenrichtlinie zutrifft, mandatiert werden. Hinsichtlich der wesentlichen Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" betrifft dies neben bereits mandatierten Produktgruppen wie z.B. bestimmten Boden- und Wandbelägen, auch derzeit nicht mandatierte Produktgruppen wie z.B. Farben, Lacke, Korrosionsschutzmittel und Klebstoffe im nicht tragenden Bereich sowie Bodeninjektionsmittel.

Das vorliegende Forschungsvorhaben zeigt insofern hauptsächlich den methodischen Ansatz zur Berücksichtigung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen auf, der grundsätzlich auf alle Bauprodukte im Geltungsbereich der Bauproduktenrichtlinie anzuwenden wäre.

## 5 Betonausgangsstoffe als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser

Bei Beton handelt es sich um einen Baustoff, der durch Mischen der Betonausgangsstoffe Zement, grober und feiner Gesteinskörnung und Wasser sowie mit oder ohne Zugabe von Zusatzstoffen oder Zusatzmitteln erzeugt wird. Er erhält seine Eigenschaften durch die Hydratation des Zements [22]. Als Hydratation werden die chemischen Reaktionen bezeichnet, die ablaufen, wenn nach dem Vermischen von Wasser mit Zement der Zementleim zu Zementstein erhärtet, weil Zementklinkerminerale mit Wasser Hydratphasen bilden.

### 5.1 Rahmenbedingungen

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Betonausgangsstoffen betrachtet, für die im Rahmen eines Mandats der Europäischen Kommission an CEN, harmonisierte europäische Produktnormen erarbeitet werden. Einen Überblick über die mandatierten Betonausgangsstoffe gibt folgende Tabelle.

Tab. 2: Mandatierte Betonausgangsstoffe

Mandat	Betonausgangsstoff	Materialien
<b>Mandat 114:</b> Zemente, Baukalke und andere hydraulische Binder	Zement	Portlandzementklinker Hüttensand gebrannter Schiefer Calciumsulfat Zementzusätze
<b>Mandat 125:</b> Zuschlagstoffe	Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen)	Normale Gesteinskörnungen (natürlich, industriell hergestellt) Schwere Gesteinskörnungen (natürlich, industriell hergestellt) Leichte Gesteinskörnungen (natürlich, industriell hergestellt) Rezyklierte Gesteinskörnungen
<b>Mandat 128:</b> Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	Zusatzstoffe	Gesteinsmehl (Füller) Pigmente Flugasche Silikastaub
	Zusatzmittel	Verflüssiger, Fließmittel Verzögerer, Beschleuniger Luftporenbildner Dichtungsmittel Einpresshilfen Stabilisierer

Die dargestellten Ausgangsstoffe können für die Herstellung von Beton, Mörtel, Einpressmörtel und anderen Mischungen (z.B. Bodeninjektionsmittel, Tragschichten im Straßenbau) eingesetzt werden. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden nur die Ausgangsstoffe für Beton betrachtet.

Da sich der Geltungsbereich der Bauproduktenrichtlinie auf die Nutzungsphase eines Bauwerks bezieht, wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Festbeton untersucht [5].

Während der Nutzungsphase eines Bauwerks können gefährliche Stoffe über folgende Mechanismen freigesetzt werden [23]:

1. Auslaugungsvorgänge (Emission über den Wasserpfad)  
Eine Belastung von Boden und/oder Grundwasser kann durch die Auslaugung von Schwermetallen, Salzen, Säuren/Laugen und organischen Stoffen erfolgen.
2. Ausgasungsvorgänge (Emission über den Luftpfad)  
Die Ausgasung von flüchtigen organischen Verbindungen kann zu einer Belastung der Innenraumluft und/oder Außenluft führen.
3. Strahlenbelastung  
Durch radioaktive Abstrahlung bzw. durch Abgabe radioaktiver Substanzen erhöht sich die Strahlenbelastung der Innenraumluft und/oder Außenluft.

Da die Betonausgangsstoffe als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser dargestellt werden, wird im Kapitel 5 "Betonausgangsstoffe" nur die Emission über den Wasserpfad betrachtet.

## **Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch Auslaugung (Emission über den Wasserpfad)**

Die Auslaugung von Schwermetallen, Salzen und organischen Stoffen aus mineralischen Baustoffen findet bei Kontakt mit Wasser oder wässrigen Lösungen statt. Am Anfang können lösliche Salze auf der Oberfläche des Baustoffs beim Kontakt mit Wasser abgelöst werden (Anfangsauswaschung, Wash-Off-Effekte). Dieser Prozess ist nach kurzer Zeit beendet. Im weiteren Verlauf der Auslaugung finden hauptsächlich Diffusionsprozesse statt. Die Diffusion beruht auf der Eigenbewegung der Partikel, der Stofftransport erfolgt an einem Konzentrationsgefälle. Für den Stofftransport durch Diffusion in der festen Matrix ist das Vorhandensein eines Poresystems wichtig. Hierbei sind die Art, Anordnung und der Verbund der Poren entscheidend und nicht die Häufigkeit der Poren [23]. Auf die Transportvorgänge im Beton haben folgende Faktoren Einfluss [23, 24]:

1. Porosität und Porenstruktur (Dichtheit des Zementsteins)
2. Hydratationsalter
3. Karbonatisierung

### Porosität und Porenstruktur

Die Porosität des Zementsteins hängt hauptsächlich vom Massenverhältnis des im Beton enthaltenen Wassers (W) zum Zement (Z) ab (Wasserzementwert – W/Z-Wert). Die Dichtigkeit des Zementsteins nimmt mit abnehmendem Wasserzementwert und zunehmendem Hydratationsgrad stark zu. Für die Dichtigkeit des Betongefüges sind weiterhin der Zementgehalt sowie der Kornaufbau und die Kornabstufung des Zuschlags und der Zusatzstoffe wichtig [23].

### Hydratationsalter

Mit zunehmendem Hydratationsalter nimmt die Dichtigkeit des Zementsteins zu, so dass Schadstoffe im Zementstein eingebunden werden. Als zusätzlicher Effekt erfolgt für einige Stoffe ein chemischer Einbau der Schadstoffe in die Mineralphasen des Zementsteins. Die Löslichkeit und Mobilität der Schadstoffe nimmt also mit zunehmendem Hydratationsalter ab [23, 24].

### Karbonatisierung

Die Karbonatisierung des Zementsteins erfolgt durch die Reaktion mit dem Kohlendioxid der Luft. Durch die dadurch ausgelöste pH-Wert-Erniedrigung im Porenwasser können vorher immobile Stoffe gelöst und somit ausgewaschen werden. Der pH-Wert im Porenwasser liegt ohne Karbonatisierung in der Regel über 12. Mit zunehmender Karbonatisierung werden einzelne Schwermetalle verstärkt ausgelaugt. Das Auslaugverhalten der Schwermetalle ist jedoch pH-abhängig und unterscheidet sich von Schwermetall zu Schwermetall. Metall-Ionen mit amphotarem Lösungsverhalten wie  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  und  $\text{Cu}^{2+}$  sind bei pH-Werten um 8 schlechter löslich. Chromat und Alkalien zeigen über den ganzen pH-Bereich ein gleiches Lösungsverhalten. Beim Einbau von Beton in Boden und Grundwasser ist allerdings nicht mit einer Karbonatisierung zu rechnen, außer es handelt sich um stark kohlensäurehaltiges Grundwasser [23, 24].

Im Kapitel 5 "Betonausgangsstoffe" werden deutsche und europäische Auslaugungsverfahren zur Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser aufgeführt. Zur Bewertung der freigesetzten Stoffe werden als umfassendere Konzepte das deutsche DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (im folgenden als DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser bezeichnet) [20] und der Niederländische Baustoffbeschluss [25] erläutert. Anhand der drei Mandate für Betonausgangsstoffe (M 114, M 125, M 128) wird konkret die Auslaugung von Schwermetallen und organischen Stoffen aus den Betonausgangsstoffen diskutiert und Handlungsempfehlungen für die Berücksichtigung von stoffspezifischen Anforderungen in der zweiten Generation der harmonisierten europäischen Produktnormen ausgesprochen. Die Diskussion der Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Betonausgangsstoffen basiert zu einem großen Teil auf einem vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) finanzierten und vom Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (IBAC) durchgeführten Forschungsvorhaben zum Auslaugverhalten von genormten Betonausgangsstoffen. Im Rahmen dieses IBAC-Forschungsvorhabens wurden anhand einer Literaturstudie Ergebnisse von Auslaugversuchen ausgewertet und anhand des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser auf ihre Umweltverträglichkeit bewertet [26].

## 5.2 Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser (Auslaugungsverfahren)

Im folgenden Kapitel werden nationale und europäische Auslaugungsverfahren zur Bestimmung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Beton und Betonausgangsstoffen dargestellt.

### 5.2.1 Schütteltests

Zur Untersuchung des Auslaugverhaltens von Betonausgangsstoffen werden Schütteltests (Batch tests), die ursprünglich zur Untersuchung von Abfällen und Schlämmen entwickelt wurden, eingesetzt. Das Verfahrensprinzip besteht darin, eine definierte Probenmenge einer bestimmten Korngröße mit einem Eluenten zu versetzen. Während einer festgelegten Zeit laugen die mobilisierbaren Inhaltsstoffe aus, unterstützt durch eine Schüttelbewegung über Kopf oder horizontal. Nach dem Abtrennen der Feststoffe durch Filtration werden die jeweiligen Komponenten im Eluat nach den vorgegebenen Analyseverfahren bestimmt.

Der Nachteil von Schütteltests liegt darin, dass diese keine Aussagen zum Langzeitverhalten oder Prognosen zum Freisetzungsvorverhalten unter realen Bedingungen erlauben. Die Zerkleinerung des Materials und der Abrieb durch die Schüttelbewegung des Probenmaterials schaffen zusätzliche Oberflächen, die bei realen Bedingungen nicht mit Boden und Grundwasser in Kontakt kommen würden. Dies führt zu erhöhten Eluatkonzentrationen. Der Schütteltest ermöglicht jedoch Aussagen für das Freisetzungspotential eines Materials, das unter bestimmten Prüfbedingungen verfügbar ist.

Der Vorteil des Verfahrens liegt in einer schnellen Versuchsdurchführung. Ein weiterer Vorteil ist die langjährige Anwendung, so dass sich die meisten bestehenden Grenzwerte (z.B. LAGA-Mitteilung 20 [27]) auf den Schütteltest beziehen. Im folgenden werden ein europäischer Schütteltest für Abfälle und Schlämme sowie zwei in Deutschland verwendete Schütteltests, die im Rahmen der LAGA-Mitteilung 20 [27] zur stofflichen Verwertung von mineralischen Abfällen eingesetzt werden, dargestellt.

### **DIN EN 12457-4 [28]**

Die harmonisierte europäische Normenreihe DIN EN 12457, Teil 1 bis 4 wurde aufgrund eines Mandats der Europäischen Kommission (Generaldirektion Umwelt) für harmonisierte Prüfmethoden für Abfälle erarbeitet und beschreibt die Prüfung des Auslaugverhaltens für körnige Abfälle und Schlämme. Die vier Teile unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich des Flüssigkeits-/Feststoffverhältnisses (2 l/kg, 10 l/kg, 8 l/kg) und der maximalen Korngröße der Proben (< 4 mm, < 10 mm). Teil 4 der Normenreihe (DIN EN 12457-4) entspricht weitestgehend dem in Deutschland verbreiteten Schütteltest nach DIN 38414-S4 [29].

Nach DIN EN 12457-4 wird das zu untersuchende Material auf eine Korngröße < 10 mm zerkleinert. 90 g dieser Probe werden im Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10:1 mit destilliertem Wasser versetzt und 24 Stunden bei Raumtemperatur über Kopf oder horizontal geschüttelt.

### **DIN 38414-S4, modifiziert [27]**

In den technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA TR 20) wird der in Deutschland häufig eingesetzte Schütteltest nach DIN 38414-S4 für mineralische Abfälle zur Verwertung modifiziert [27]. Nach dem Normversuch DIN 38414-S4 wird das zu untersuchende Material auf eine Korngröße < 10 mm zerkleinert. 100 g dieser Probe werden mit 1 l destilliertem Wasser versetzt und 24 Stunden bei Raumtemperatur über Kopf gedreht oder geschüttelt. Abweichend von diesem Normversuch wird in der LAGA-Mitteilung 20 das zu untersuchende Material in dem Zustand eluiert, in dem es verwertet werden soll. Eine Zerkleinerung erfolgt nur im Einzelfall, wenn es zur Versuchsdurchführung unbedingt notwendig ist. Die zu untersuchende Probemenge liegt abhängig vom Größtkorn zwischen 100 g und 2.500 g. Das Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis beträgt immer 10:1.

Der Schütteltest der LAGA-Mitteilung 20 entspricht weitgehend dem Schüttelverfahren nach TP Min StB, Teil 7.1.1, das als Routineverfahren im Rahmen der Güteüberwachung für Straßenbaustoffe eingesetzt wird [30].

### **LAGA EW 98 S [31]**

Von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) wurde für Abfälle, verunreinigte Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich ein Schütteltest (LAGA EW 98 S) festgelegt, der bei der derzeitigen Überarbeitung der LAGA-Mitteilung 20 den modifizierten DIN 38414-S4-Versuch ersetzen soll. Nach LAGA EW 98 S soll das Probenmaterial im Originalzustand untersucht werden. Eine Zerkleinerung erfolgt nur für die Korngrößenfraktion > 40 mm. 100 g der Probe werden mit 1 l destilliertem Wasser versetzt und 24 Stunden bei Raumtemperatur über Kopf oder horizontal geschüttelt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Parameter der dargestellten Prüfverfahren im Überblick.

Tab. 3: Schütteltests nach DIN EN 12457-4 [28], DIN 38414-S4, modifiziert [27] und LAGA EW 98 S [31]

Parameter	Prüfverfahren		
	DIN EN 12457-4	DIN 38414-S4, modifiziert	LAGA EW 98 S
Anwendungsbereich	Körnige Abfälle und Schlämme	Mineralische Abfälle zur Verwertung	Abfälle, verunreinigte Böden, Materialien aus dem Altlastenbereich
Probekörpermaße	Korngröße < 10 mm	I.d.R. keine Zerkleinerung des Materials	Korngröße < 40 mm
Einwaage	90 g $\pm$ 5 g	100 g bis 2.500 g (abhängig vom Größtkorn)	100 g
Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis [l/kg]	10:1	10:1	10:1
Art des Eluenten	Destilliertes, demineralisiertes, deionisiertes Wasser oder Wasser vergleichbarer Reinheit	Demineralisiertes Wasser	Destilliertes, demineralisiertes, deionisiertes Wasser oder Wasser vergleichbarer Reinheit
Dauer	24 Stunden $\pm$ 0,5	24 Stunden	24 Stunden
Bewegungsart	über Kopf oder horizontal schütteln	Schütteln	über Kopf oder horizontal schütteln
Temperatur	Raumtemperatur (20 °C $\pm$ 5 °C)	Raumtemperatur	Raumtemperatur
Gefäß/Apparatur	Flaschen aus Glas oder HDPE oder PP	Weithalsflasche aus Glas	Flaschen aus Glas oder PE/PP

### 5.2.2 Standtests (Trogverfahren)

Zur Untersuchung des Auslaugverhaltens von Betonausgangsstoffen werden auch Standtests eingesetzt. Das Verfahrensprinzip besteht darin, dass eine definierte Probenmenge einer bestimmten Korngröße oder ein definierter Probenkörper auf einem Siebeinsatz mit einem Eluenten versetzt wird. Während einer festgelegten Zeit laugen die mobilisierbaren Inhaltsstoffe aus. Im Gegensatz zum Schütteltest wird beim Standtest nur der Eluent über oder unter der Probe durch Rühren bewegt oder es erfolgt wie beim niederländischen Standtest keine Bewegung des Eluenten. Nach dem Abtrennen der Feststoffe durch Filtration werden die jeweiligen Komponenten im Eluat nach den vorgegebenen Analysenverfahren bestimmt.

Das zu untersuchende Material wird beim Standtest in der Regel nicht zerkleinert. Wenn eine Zerkleinerung erfolgt, dann nur für die Korngrößenklasse > 32 mm. Da das Probenmaterial im Originalzustand verbleibt und nur der Eluent bewegt wird, wird der Standtest als ein Auslaugtest mit hoher Praxisrelevanz angesehen, der sich auch für verfestigte Probekörper eignet [23].

Je nach Elutionsdauer unterscheidet man zwischen Kurzzeit- und Langzeitstandtests. Bei den Kurzzeitstandtests für stückiges Material dominieren bei einer Auslaugdauer von 24 Stunden im wesentlichen Wash-Off-Effekte und Auf- bzw. Ablösungsmechanismen [24]. Diffusionsprozesse, die für eine Reihe von Schwermetallen nach etwa sieben Tagen den Auslaugungsmechanismus bestimmen, können mit diesen Kurzzeitstandtests nicht erfasst werden. Dazu sind Langzeitstandtests notwendig, die auch Aussagen über die Zeitabhängigkeit der Auslaugung liefern.

Für die Bewertung der Ergebnisse von Langzeitstandtests fehlen oft noch entsprechende Grenzwerte, da sich die meisten Grenzwerte (z.B. LAGA-Mitteilung 20) auf einen Schütteltest beziehen. Prüf- oder Grenzwerte, die den Langzeitstandtest als Prüfverfahren fordern, gibt es derzeit nur im DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser für die Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (Geringfügigkeitsschwellen) [20] und im Niederländischen Baustoffbeschluss für die Bewertung der Freisetzung von anorganischen Parametern aus mineralischen Baustoffen (Immissionswerte) [25].

Langzeitstandtests können als Eignungstest für Materialien eingesetzt werden, da hier die langfristige Freisetzung von gefährlichen Stoffen untersucht wird und somit eine Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser unter praxisnahen Bedingungen möglich ist.

### 5.2.2.1 Kurzzeitstandtests

Im folgenden werden die in Deutschland üblichen Kurzzeitstandtests dargestellt. Beim Vergleich von Schütteltests nach DIN 38414-S4 oder DIN EN 12457-4 und Kurzzeitstandtests z.B. nach DIN EN 1744-3 zeigte sich, dass beide Verfahren bei gleichen Proben und gleichem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis zu Ergebnissen mit einer guten Übereinstimmung führen [23, 32]. Aufgrund der größeren Probenmenge bei dem Kurzzeitstandtest nach DIN EN 1744-3 besteht jedoch eine bessere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse v.a. bei heterogenen Materialien. Das Verfahren wird dadurch als praxisorientierter eingestuft [32].

#### DIN EN 1744-3 [33]

Das Auslaugungsverfahren nach der europäischen Norm DIN EN 1744-3 wurde vom CEN/TC 154 "Zuschläge" als Prüfmethode zur Bestimmung der Auslaugung von Gesteinskörnungen entwickelt und gilt für ungebundene Gesteinskörnungen mit einer Korngröße < 32 mm. Das Verfahren eignet sich zur Überprüfung der Übereinstimmung (Compliance test) mit einem bereits charakterisierten Material.

Nach DIN EN 1744-3 wird das zu untersuchende Material in der Regel nicht zerkleinert. Partikel > 32 mm werden ausgesiebt und getrennt gebrochen. 2.000 g der Probe werden in einem Siebeinsatz im Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10:1 mit destilliertem Wasser 24 Stunden versetzt. Der Eluent über der Probe wird während der Auslaugungszeit mit einem motorbetriebenen Rührer bewegt.

### LAGA EW 98 T [31]

Das Trogverfahren der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA EW 98 T) ist sowohl für ungebundene als auch für gebundene und verfestigte Materialien geeignet. Es wird für Materialien mit einer Korngröße > 40 mm eingesetzt. Dieses ist i.d.R. in dem Zustand zu eluieren, in dem es vorliegt und ggf. verwertet werden soll. Materialien mit einem Größtkorn < 40 mm sollen mit einem Schütteltest (LAGA EW 98 S) untersucht werden. 2.000 g der Probe werden in einem Siebeinsatz im Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10:1 mit destilliertem Wasser 24 Stunden versetzt. Der Eluent unter der Probe wird während der Auslaugungszeit mit einem Magnetrührer bewegt.

### TP Min-StB, Teil 7.1.2 [34]

Das Trogverfahren nach den technischen Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau ist ebenfalls für ungebundene, unverdichtete Mineralstoffe und verdichtete oder verfestigte Probekörper geeignet. Außer der kleineren Korngröße (< 32 mm) sind die Parameter dieses Verfahrens analog dem LAGA EW 98 T-Verfahren.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Parameter der dargestellten Prüfverfahren im Überblick.

Tab. 4: Trogverfahren nach DIN EN 1744-3 [33], LAGA EW 98 T [31] und TP Min-StB, Teil 7.1.2 [34]

Parameter	Prüfverfahren		
	DIN EN 1744-3	LAGA EW 98 T	TP Min-StB, Teil 7.1.2
Anwendungsbereich	Ungebundene Gesteinskörnungen	Ungebundene, gebundene und verfestigte Materialien	Ungebundene, unverdichtete Mineralstoffe, verdichtete oder verfestigte
Probekörpermaße	Korngröße < 32 mm	Korngröße > 40 mm (nicht verfestigte Materialien), i.d.R. keine Zerkleinerung	Probekörper Korngröße < 32 mm (ungebundene Mineralstoffe) oder Probekörper
Einwaage	2.000 g	2.000 g (ungebundene Materialien)	2.000 g (ungebundene Mineralstoffe)
Flüssigkeits-/ Feststoffverhältnis [l/kg]	10:1	10:1	10:1
Art des Eluenten	Destilliertes, demineralisiertes, deionisiertes Wasser oder Wasser vergleichbarer Reinheit	Destilliertes Wasser oder Wasser des gleichen Reinheitsgrads	Demineralisiertes Wasser
Dauer	24 Stunden $\pm$ 10 Min.	24 Stunden	24 Stunden
Bewegungsart	Eluent über Probe rühren	Eluent unter Probe rühren	Eluent unter Probe rühren

Parameter	Prüfverfahren		
	DIN EN 1744-3	LAGA EW 98 T	TP Min-StB, Teil 7.1.2
Temperatur	Raumtemperatur (20 – 25 °C)	Raumtemperatur (20 – 25 °C)	k.A.
Gefäß/Apparatur	Glasbehälter mit Siebeinsatz (Trog)	Behälter aus Glas oder PP mit Siebeinsatz (Trog)	Glasbehälter mit Siebeinsatz (Trog) aus Glas oder PP (nur für Anorganik)

### 5.2.2.2 Langzeitstandtests

Langzeitstandtests werden über einen Zeitraum von 56 bzw. 64 Tagen durchgeführt. Durch den mehrmaligen Eluatwechsel während dieser Zeit können Aussagen zum zeitabhängigen Auslaugverhalten getroffen werden. Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass die Freisetzung aus zementgebundenen Baustoffen für verschiedene Schwermetalle diffusionsgesteuert erfolgt. In den ersten sieben Tagen überwiegen Lösungsprozesse (Wash-Off-Effekte), danach wird die Auslaugung von Stoffen durch Diffusionsprozesse bestimmt [24].

Die derzeit existierenden Langzeitstandtests ermöglichen Aussagen zum Freisetzungsverhalten nur für anorganische Parameter. Da es sich bei der Auslaugung von gefährlichen Stoffen aus Betonausgangsstoffen nach Aussage des IBAC-Forschungsvorhabens hauptsächlich um Schwermetalle handelt, ist dies im allgemeinen auch ausreichend [26]. In der Praxis werden die organischen Parameter in der Regel aus dem Eluat bestimmt, das durch Auslaugungsverfahren für anorganische Parameter gewonnen wurde.

Auf europäischer Ebene wird vom CEN/TC 292 WG 6 derzeit ein Langzeitstandtest für die Auslaugung von Abfällen in Anlehnung an den niederländischen Diffusionstest NEN 7345 entwickelt [35]. Ein Entwurf des europäischen Verfahrens liegt jedoch noch nicht vor. Der geplante Langzeitstandtest gilt ebenfalls nur für anorganische Parameter. Die Entwicklung eines Auslaugungsverfahrens für organische Parameter wird auf europäischer Ebene derzeit nicht diskutiert [32].

Im folgenden wird der nach dem DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser eingesetzte Langzeitstandtest des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) und der nach dem niederländischen Baustoffbeschluss verwendete Diffusionstest dargestellt.

### Normentwurf DAfStb [36]

Der Langzeitstandtest nach dem Normentwurf des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) befasst sich mit der zeitabhängigen Auslaugung von anorganischen Stoffen aus monolithischen, erhärteten, zementgebundenen Baustoffen. Der zu untersuchende Prüfkörper mit den Abmessungen 100 x 100 x 100 mm wird in einem Verhältnis von Flüssigkeit zu Oberfläche von 80 : 1 mit demineralisiertem Wasser versetzt, das während des Versuchs langsam gerührt wird. Das Eluat wird in definierten Zeitabständen sechs mal gewechselt und die Konzentrationen der emittierten Stoffe im Eluenten ermittelt. Das Verfahren liefert als Ergebnis die freigesetzte Menge eines Stoffes in mg/m<sup>2</sup> in Abhängigkeit von der Zeit.

### NEN 7345 [35]

Der Langzeitstandtest (Diffusionstest) nach der niederländischen Norm NEN 7345 eignet sich zur Bestimmung des zeitabhängigen Auslaugverhaltens von anorganischen Komponenten aus geformten und monolithischen Stoffen. Dabei handelt es sich vorwiegend um Baumaterialien und Abfallstoffe. Ein Prüfkörper mit einem Mindestdurchmesser von 40 mm wird im Flüssigkeits-/Volumenverhältnis von 5:1 mit einem Eluenten, der auf pH 4 eingestellt ist, versetzt. Das Eluat wird sieben mal zu definierten Zeiten gewechselt und die Konzentrationen der emittierten Stoffe im Eluenten bestimmt. Das Verfahren liefert wie beim Normentwurf DAfStb als Ergebnis die freigesetzte Menge eines Stoffes in mg/m<sup>2</sup> in Abhängigkeit von der Zeit.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Parameter der dargestellten Prüfverfahren im Überblick.

Tab. 5: Langzeitstandtest nach Normentwurf DAfStb [36] und NEN 7345 [35]

Parameter	Prüfverfahren	
	Normentwurf DAfStb	NEN 7345
Anwendungsbereich	Monolithische, erhärtete, zementgebundene Baustoffe, nur für anorganische Substanzen	Geformte (nicht zerkleinerte) und monolithische Stoffe (vorwiegend Baumaterialien und –Abfälle), nur für anorganische Substanzen
Probekörpermaße	100 mm x 100 mm x 100 mm (für Betonmischungen)	Durchmesser > 40 mm
Verhältnis Flüssigkeit zur Oberfläche bzw. Volumen	Flüssigkeits-/Oberflächenverhältnis (l/m <sup>2</sup> ) 80:1	Flüssigkeits-/Volumenverhältnis (l/dm <sup>3</sup> ) 5:1
Art des Eluenten	Demineralisiertes Wasser	Deionisiertes Wasser + HNO <sub>3</sub> : pH 4 (am Anfang)
Dauer	Insgesamt 56 Tage, 6 Eluate (Wechsel am 1., 3., 7., 16., 32. und Entnahme am 56. Tag)	Insgesamt 64 Tage, 8 Eluate (Wechsel nach 0,25, 1, 2,25, 4, 9, 16 und 36 Tagen)
Bewegungsart	Eluent rühren	Kein Rühren
Temperatur	Raumtemperatur (20 ± 3 °C)	18 – 22 °C
Gefäß/Apparatur	Behälter aus Glas, PTFE oder PE	Behälter aus Kunststoff ohne Weichmacher

Abschließend lässt sich sagen, dass Langzeitstandtests zwar in Bezug auf ihr Freisetzungsverhalten realitätsnäher sind, jedoch muss der vorherrschende Freisetzungsmechanismus des zu untersuchenden Stoffes diffusionsgesteuert sein [24].

## 5.3 Konzepte zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser

### 5.3.1 Allgemeines

Zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser existieren europäische und nationale Regelungen, die jedoch üblicherweise aus Verboten oder Beschränkungen für Einzelstoffe oder Summenparameter bestehen.

Als weitergehende Konzepte zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser werden im folgenden Kapitel das Merkblatt Boden/Grundwasser des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) [20] und der Niederländische Baustoffbeschluss [25] dar- und gegenübergestellt. Die im DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser angewendeten Geringfügigkeitsschwellen sowie die Richtwerte der LAGA-Mitteilung 20 "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" (im folgenden als LAGA-Mitteilung 20 [27] bezeichnet), die beim Einsatz von mineralischen Abfällen anzuwenden sind, repräsentieren hierbei das deutsche Schutzniveau bezüglich der Freisetzung und Bewertung von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten in Boden und Grundwasser.

### 5.3.2 DIBt-Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser)

Das DIBt-Merkblatt wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) als Bewertungsgrundlage zur Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen für Bauprodukte unter Einbeziehung der betroffenen Kreise wie Baustoffindustrie und Umweltbehörden entwickelt. Es gilt für Bauprodukte, die direkt auf dem Boden aufliegen oder in Kontakt mit ihm sind (erdberührte Produkte) und berücksichtigt Anforderungen aus allen anderen relevanten Rechtsbereichen (Bau-, Wasser-, Bodenschutz-, Abfall- und Immissionsschutzrecht).

Das Bewertungssystem des DIBt-Merkblatts soll auch im europäischen Zulassungsbereich bei EOTA und UEAtc<sup>10</sup> zur Bewertung von Bauprodukten, die nach den Leitlinien für europäische technische Zulassungen (ETAG's) oder Common Understanding of Assessment Procedures (CUAP's) für Einzelzulassungen nach Art. 9.2 der Bauproduktentrichtlinie erarbeitet werden, eingebracht werden, ebenso wie in die nationale und europäische Normung.

Das DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser gliedert sich in zwei Teile. Teil I liefert eine allgemeine Beschreibung des Konzepts zur Bewertung von Bauprodukten in Bezug auf eine schädliche Boden- oder Grundwasserveränderung. Teil II wird auf das jeweilige Bauprodukt abgestimmt und konkretisiert das allgemeine Konzept in Bezug auf die zu verwendenden Untersuchungsverfahren und speziellen Anforderungen. Bisher wurde der produktsspezifische Teil II für die Bauprodukte "Beton und Betonausgangsstoffe", "Kanalrohrsanierungsmittel" und "Bodeninjektionsmittel" erarbeitet bzw. befindet sich in Bearbeitung. Im folgenden wird das allgemeine Bewertungskonzept Teil I und an-

schließend der produktspezifische Teil II für die Bauproduktgruppe "Beton und Beton-ausgangsstoffe" dargestellt [20].

### **DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser, Allgemeiner Teil I**

Um eine Gefährdung von Boden und Grundwasser auszuschließen, stellt das DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser grundsätzliche Anforderungen an die Bauprodukte. Um die Auswirkungen auf das Grundwasser bewerten zu können, wird der Ort der Beurteilung festgelegt und definiert, wann eine Gefährdung des Grundwassers anzunehmen ist.

Der Ort der Beurteilung ergibt sich aus der Lage des Einbauorts des Bauproduktes und kann *über* dem Grundwasser oder *im* Grundwasser liegen. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) geht von einer nur geringfügigen Veränderung und damit keiner Gefährdung des Grundwassers aus, wenn im oder durch das Grundwasser (z.B. bei einer angenommenen Nutzung oder beim Austritt in ein oberirdisches Gewässer) keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung [37] eingehalten werden. Für diese nur geringfügige Veränderung des Grundwassers wird der Begriff "Geringfügigkeitsschwelle" eingeführt. Die Zahlenwerte für diese Geringfügigkeitsschwellen entsprechen derzeit den Prüfwerten der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser [38] und sind im Anhang A5 aufgeführt.

Diese Geringfügigkeitsschwellen werden derzeit von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des GAP-Papiers (Grundsätze des vorbeugenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz) überarbeitet [39]. Nach der Zustimmung durch die Konferenz der Staatssekretäre und Staatsräte (Amtschefkonferenz – ACK) oder durch die Fachkonferenz der Umweltministerinnen und -minister des Bundes und der Länder (Umweltministerkonferenz- UMK) werden diese Prüfwerte durch das Merkblatt Boden/Grundwasser übernommen.

Das Bewertungssystem des DIBt-Merkblatts gliedert sich in zwei Stufen. Die erste Stufe behandelt die Inhaltsstoffe des Produkts. Aufschluss über die Inhaltsstoffe gibt die chemische Zusammensetzung des Bauprodukts, die der Antragsteller zusammen mit Angaben zum Herstellungsprozess vorlegt. Die Bewertung der Inhaltsstoffe erfolgt anhand der Ausschlusskriterien wie:

- Verwendungsverbote und Beschränkungen für bestimmte Stoffe (z.B. nach Chemikalienverbotsverordnung)
- Stoffe, die nach EU-Richtlinie 67/548/EWG [3] mit N, T+ oder T gekennzeichnet sind, sollten vermieden werden. Falls eine Vermeidung technisch nicht möglich ist, muss eine Bewertung nach Stufe 2 durchgeführt werden.
- Kanzerogene (R 45), mutagene (R 46) und teratogene Stoffe (R 60, R 61) dürfen nicht aktiv eingesetzt werden.
- Eingesetzte mineralische Abfälle müssen die Anforderungen der LAGA-Mitteilung 20 [27] einhalten. Die Stoffgehalte im Eluat müssen mindestens die Zuordnungswerte Z 2<sup>11</sup> der jeweiligen abfallspezifischen technischen Regeln der LAGA-Mitteilung 20 einhalten.

Wenn auch nur ein Ausschlusskriterium erfüllt wird, so hält das Bauprodukt die Anforderungen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser nicht ein. Ein Bauprodukt erfüllt al-

---

<sup>11</sup> Nach LAGA-Mitteilung 20 ist für Abfälle, die vorgegebene Z2-Zuordnungswerte einhalten, ein eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen möglich. Beim Einsatz von Abfällen in (Bau)-Produkten, müssen die Z2-Werte eingehalten werden [27].

Ierding die Anforderungen schon nach der ersten Stufe, wenn Nachweise vorliegen, die belegen, dass von dem Bauprodukt keine Gefahren für Boden und Grundwasser ausgehen oder bereits Bauprodukte gleichartiger Zusammensetzung nach der zweiten Stufe geprüft wurden und die Anforderungen eingehalten werden.

Die zweite Stufe des Bewertungskonzepts betrachtet die mobilisierbaren Inhaltsstoffe. Die Bauprodukte werden als nicht bedenklich für Boden und Grundwasser bewertet, wenn die Geringfügigkeitsschwellen am Ort der Beurteilung unterschritten werden und keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten. Als Grundlage für diese Bewertung sind praxisnahe Eluate der Bauprodukte herzustellen. Diese sind in drei Schritten auf folgende Parameter zu untersuchen und zu bewerten:

1. Allgemeine Parameter

(z.B. pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Geruch, Färbung)

2. Stoffliche Parameter

Die zu untersuchenden Parameter werden auf Basis der chemischen Zusammensetzung des Bauprodukts festgelegt. Das Bauprodukt erfüllt bereits nach dem zweiten Schritt die Anforderungen des Merkblatts, wenn für alle zu bestimmenden Parameter Geringfügigkeitsschwellen existieren und diese eingehalten werden oder für die Stoffe ohne Geringfügigkeitsschwellen Nachweise existieren, die aufzeigen, dass die im Eluat vorliegenden Konzentrationen aus ökotoxikologischer Sicht als geringfügig wirksam eingestuft werden und der Summenparameter TOC (Total Organic Carbon)  $< 20 \text{ mg/l}$  ist. Im Rahmen der derzeitigen Überarbeitung des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser wird diskutiert, den Summenparameter für TOC aufgrund der unzureichenden Aussagekraft entfallen zu lassen.

3. Biologische Parameter

Wenn in dem vorhergehenden Schritt die ökologische Unbedenklichkeit nicht aufgezeigt werden konnte, muss anhand biologischer Testverfahren das Abbaupotenzial und die ökotoxikologischen Auswirkungen der freigesetzten Stoffe auf Boden und Grundwasser untersucht werden. Angewandt werden aquatische und terrestrische Testmethoden.

Das nachfolgende Fließbild zeigt das zweistufige Bewertungsschema des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser.

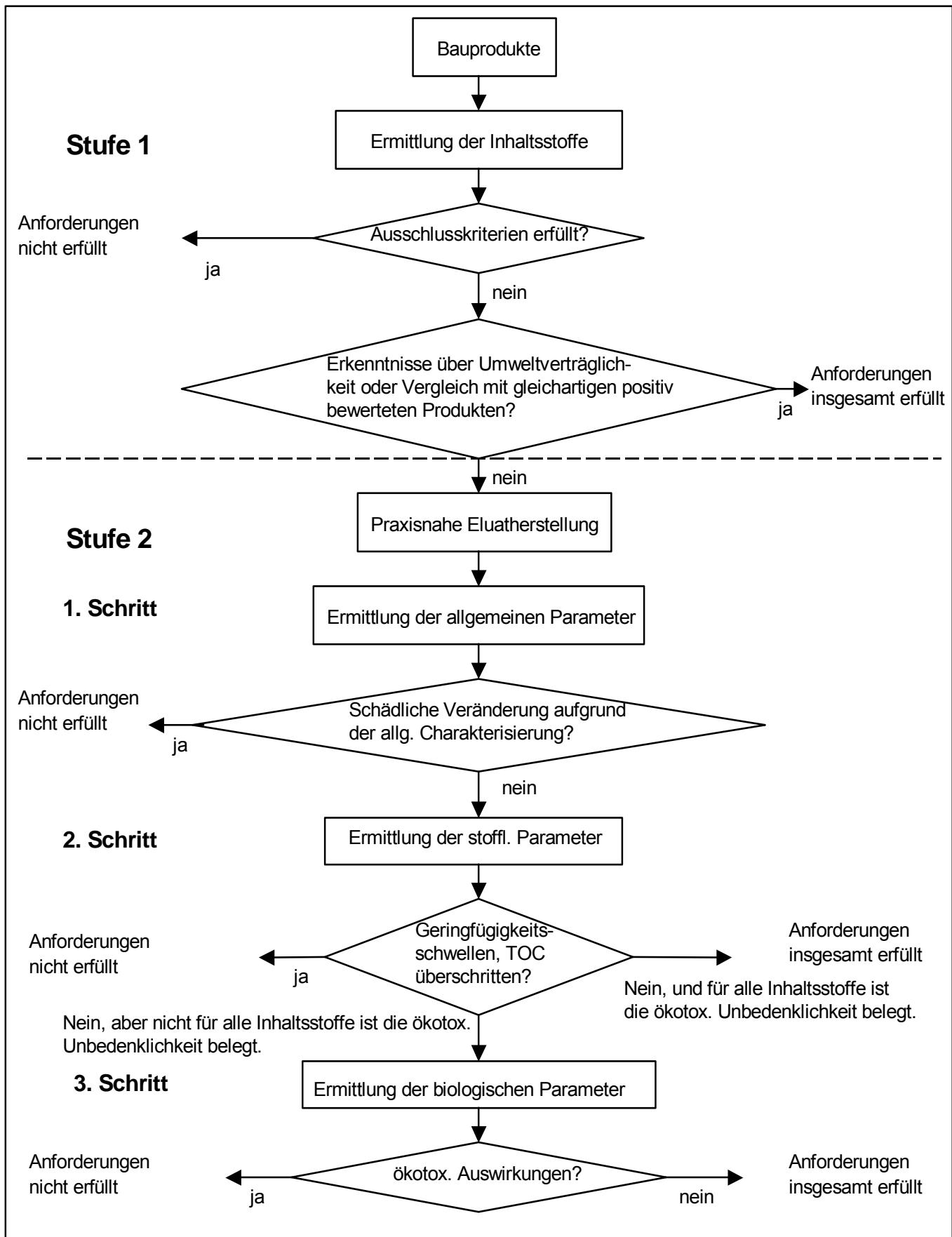


Abb. 2 : Ablaufschema des DIBt-Merkblatts zur Bewertung von Bauprodukten hinsichtlich Boden- und Grundwasserschutz

## **DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser, Produktspezifischer Teil II: Kapitel Beton und Betonausgangsstoffe**

Der produktspezifische Teil II des DIBt-Merkblatts beschreibt die Vorgehensweise zur Ermittlung und Bewertung der Umweltauswirkungen auf Boden und Grundwasser bei der Zulassung einzelner Bauprodukte, unter anderem auch für Beton und Betonausgangsstoffe. Als Betonausgangsstoffe werden Zement, Gesteinskörnungen, Zusatzstoffe und Zusatzmittel für die Herstellung von Beton betrachtet.

Bei der Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Beton in Boden und Grundwasser ist der Ort der Beurteilung festzulegen. Beton kann über dem Grundwasserspiegel oder im Grundwasser eingebaut werden. Nach Aussage des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser ist der Einbau von Beton *oberhalb des Grundwasserspiegels* in der Regel unproblematisch. Abgesehen von einer kurzzeitigen Freisetzung, die auf Wash-Off-Effekte zurückzuführen ist, sind keine relevanten Schadstoffbelastungen für Boden und Grundwasser zu befürchten. Eine weitergehende Betrachtung ist nur notwendig, wenn bei der Ermittlung der Inhaltsstoffe in der ersten Stufe und aufgrund des Anwendungsbereichs Hinweise auf eine relevante Mobilisierung von Schadstoffen bestehen.

Beim Einbau von Beton *im Grundwasser* werden gefährliche Stoffe häufig durch diffusionskontrollierte Prozesse freigesetzt. Die Konzentration der Stoffe hängt von der Freisetzungsr率e, dem Grundwasservolumenstrom und der Kontaktstrecke ab und nimmt mit zunehmender Entfernung von der Materialoberfläche und zunehmender Zeit relativ stark ab. Für kurze Zeiträume können in den dünnen Grenzschichten zwischen Oberfläche und Grundwasser erhöhte Konzentrationen an Schadstoffen auftreten. Dies ist jedoch rechtlich nicht relevant, da aufgrund der insgesamt geringen Fracht und der zeitlichen Beschränkung keine dauernde oder erhebliche Gefährdung des Grundwassers zu befürchten ist. Bei der Beurteilung der Schadstofffracht durch Auslaugung von Beton im Grundwasser ist es daher grundsätzlich zulässig, die Schadstoffkonzentration sowohl kleinräumig (30 cm) als auch zeitlich (sechs Monate) zu mitteln.

In der ersten Stufe des Bewertungskonzepts für Beton und Betonausgangsstoffe werden die zu untersuchenden Parameter anhand der Herstellerangaben zu Art, Herstellungsprozess und chemischer Zusammensetzung des Bauprodukts festgelegt.

Beim Einsatz von mineralischen Abfällen zur Verwertung, wie z.B. rezyklierte Gesteinskörnungen und Flugasche als Betonausgangsstoff, müssen diese die Grenzwerte für Feststoff und Eluat der jeweiligen abfallspezifischen Regelung der LAGA-Mitteilung 20 "Anforderungen an die Verwertung von mineralischen Abfällen" [27] einhalten. Die LAGA-Mitteilung 20 gibt zur Herstellung des Eluats einen modifizierten Schütteltest nach DIN 38414-S4 [29] an. Für Abfälle zur Verwertung, die nicht im Regelwerk enthalten sind, muss der Untersuchungsumfang durch ein Expertengremium festgelegt werden. Die Tabelle im Anhang A6 listet die Grenzwerte der LAGA-Mitteilung 20 für mineralische Abfälle, die in Betonausgangsstoffen eingesetzt werden können, auf.

Betonausgangsstoffe, bei denen aufgrund der Herkunft oder des Herstellungsprozesses der Verdacht auf einen erhöhten Gehalt an Radionukliden besteht, müssen zusätzlich gammaspektrometrisch auf Radioaktivität (spezifische Aktivität der Radionuklide  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) untersucht werden.

Die erste Stufe des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser für Beton und Betonausgangsstoffe gilt als erfüllt, wenn kein Ausschlusskriterium zutrifft. Bei der Erarbeitung des DIBt-Merkblatts, Teil II wird derzeit diskutiert, ob die geprüften Betone und Betonausgangsstoffe schon nach der ersten Stufe als ungefährlich für Boden und Grundwasser eingestuft werden, wenn bereits das Eluat eines Schütteltests, z.B. nach DIN 38414-S4, die Geringfügigkeitsschwellen des Merkblatts einhält. Hintergrund dieser Diskussion ist, dass durch den Schütteltest aufgrund der Zerkleinerung des Probenmaterials erhöhte Eluatkonzentrationen auftreten. Unter den praxisnäheren Bedingungen

des Langzeitstandtests, dem angegebenen Verfahren zur Ermittlung der Geringfügigkeitsschwellen, sollte die Freisetzung von gefährlichen Stoffen immer geringer sein. Diese Aussage muss jedoch durch entsprechende Tests verifiziert werden.

Die zweite Stufe des Bewertungskonzepts für Beton und Betonausgangsstoffe betrachtet die Stoffe, die ausgelaugt werden. Als Eluatverfahren ist bei der Zulassung von Betonausgangsstoffen und Beton ein Langzeitstandtest nach dem Normentwurf des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) [36] erforderlich. Die Auslaugung erfolgt an einem Probenkörper aus Standardbeton, der mit dem jeweiligen Betonausgangsstoff hergestellt wurde sowie einem Probenkörper aus Referenzbeton, um die Veränderungen im Eluat dem Betonausgangsstoff zuordnen zu können.

Bei der Elution von Beton anhand eines Langzeitstandtests sind hohe pH-Werte und eine hohe elektrische Leitfähigkeit typisch. Dies muss bei der Bewertung der allgemeinen Parameter berücksichtigt werden. Die in der ersten Stufe des Bewertungskonzepts festgelegten Parameter müssen für die Bewertung nach der zweiten Stufe die Geringfügigkeitsschwellen am Ort der Beurteilung einhalten. Für Beton, der im Grundwasser eingesetzt wird, werden dazu die Geringfügigkeitsschwellen für Schwermetalle (in  $\mu\text{g/l}$ ), deren Freisetzung diffusionsgesteuert abläuft, anhand einer Modellrechnung in die maximal zulässige Freisetzung (in  $\text{mg/m}^2$ ) umgerechnet. Die Modellrechnung berücksichtigt bei der Berechnung die zulässige räumliche (30 cm) und zeitliche Mittelung (6 Monate) der Schwermetallkonzentration.

Tab. 6: Für den direkten Kontakt mit Grundwasser maximal zulässige Freisetzung aus zementgebundenen Baustoffen bei Elution im Langzeitstandtest

Parameter	maximal zulässige Freisetzung im Standtest nach 56 Tagen [ $\text{mg/m}^2$ ]
Arsen	5,0
Blei	12,0
Cadmium	2,4
Chrom (ges.)	24,0
Chrom(VI)	4,0
Kobalt	24,0
Kupfer	24,0
Nickel	24,0
Zink	150,0

Falls für bestimmte anorganische Parameter Geringfügigkeitsschwellen fehlen, sollen diese Werte durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser festgelegt werden.

Wenn für die Freisetzung von organischen Stoffen keine Geringfügigkeitsschwellen existieren, ist die ökotoxikologische Unbedenklichkeit durch biologische Testverfahren zu belegen. Beim Einsatz von Tensiden, deren chemische Zusammensetzung Hinweise auf ein fischtoxisches Potential liefert und die in relevanter Menge ausgelaugt werden können, ist ein Fischtest durchzuführen. In der derzeitigen Überarbeitung des DIBt-Merkblatts Boden/ Grundwasser wird als Ersatz für den Fischtest der Fischeitest diskutiert.

Die Festlegung der zu untersuchenden Stoffe in der ersten Stufe des Bewertungskonzepts ist der entscheidende Schritt zur Bewertung der Bauprodukte. Aus diesem Grund

ist die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung und Angaben zum Herstellungsprozess des Bauprodukts eine Grundvoraussetzung für die Bewertung. Nur auf dieser Basis kann letztendlich eine Einstufung als unbedenklich für Boden und Grundwasser erfolgen. Aufgrund der geringen Erfahrung mit dem Freisetzungsvorverhalten und der Bewertung von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten ist eine begleitende Diskussion von neuen Sachverhalten in einem Expertengremium integraler Bestandteil des Bewertungssystems nach dem DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser.

### 5.3.3 Niederländischer Baustoffbeschluss (Building Materials Decree)

Der Niederländische Baustoffbeschluss [25] wurde 1999 vom niederländischen Ministerium für Wohnungsbau, Raumordnung und Umwelt und dem Ministerium für Verkehr und Wasserwirtschaft als gesetzliche Regelung eingeführt, um die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von mineralischen Baustoffen zu regeln und somit eine Verschmutzung des Bodens sowie des Grund- und Oberflächenwassers zu verhindern.

Der niederländische Baustoffbeschluss betrachtet nur Materialien, die folgende Anforderungen erfüllen:

- steinige Materialien (mind. 10 % Silizium, Calcium oder Aluminium)  
z.B. Beton, Asphalt, Lehm, Sand, Dachziegel, Fliesen, Ziegel, Teerasphaltzuschlag, Erde und Baggerschlamm, Sand, bitumenhaltige Dachbahnen, Kesselasche aus Müllverbrennungsanlagen
- Einsatz in einem Bauwerk  
Als Bauwerk werden Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus definiert z.B. Wohnhäuser, Brücken, Bürogebäude, Straßen, Dämme, Hafenbecken, Uferbefestigungen, Viadukte, Aquadukte
- Einsatz im Außenbereich (Fundamente, Wände, Dächer, Straßenböschung)  
Der Kontakt mit Regenwasser, Grundwasser oder Oberflächenwasser ist notwendig.

Ebenso wie die Bauproduktenrichtlinie regelt der Baustoffbeschluss nur die Nutzungsphase der Bauprodukte. Lagerung, Transport, Arbeitsschutz oder andere Aspekte werden nicht berücksichtigt.

Die Bewertung der Umweltverträglichkeit der eingesetzten Baustoffe erfolgt über die eingeführten Grenzwerte für Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen. Dabei beziehen sich die Grenzwerte für anorganische Schadstoffe auf die Auslaugung, die Grenzwerte für organische Schadstoffe aufgrund fehlender Auslaugungsverfahren für organische Stoffe auf den Feststoffgehalt. Der Eintrag (Immission) anorganischer auslaugbarer Stoffe in Boden und Grundwasser wird durch das Umrechnen der Emissionswerte in einen Immissionswert ermittelt. Der Immissionswert hängt vom Auslaugverhalten des Baustoffs (Emission) und von Parametern wie Temperatur, Grad des Kontaktes zum Wasser, Dicke des Baumaterials und Isolationsmaßnahmen ab und wird in mg/m<sup>2</sup> und 100 Jahre angegeben. Die Immissionswerte beschreiben den maximalen Eintrag der Schadstoffe in den angrenzenden Boden. Die Immissionswerte für Schwermetalle leiten sich aus den Feststoffgehalten eines standardisierten Bodens ab. Toleriert wird ein maximaler Eintrag von 1 % der Feststoffgehalte von Schwermetallen eines standardisierten Bodens innerhalb eines Zeitraums von 100 Jahren. Die Standardfeststoffgehalte werden als gemittelte Hintergrundgehalte betrachtet [40].

Der Baustoffbeschluss gibt zur Bestimmung der Auslaugung als Verfahren den Langzeitstandtest nach NEN 7345 an [35]. Die Baustoffe werden nach ihrer Zusammensetzung und dem Auslaugungsverhalten in verschiedene Kategorien eingeteilt. Baustoffe der Kategorie 1 halten die Gehalts- und Immissionswerte des Anhangs 2 des Baustoff-

beschlusses ein (Werte siehe Anhang A7). Der Einsatz dieser Baustoffe ist ohne zusätzliche Maßnahmen möglich.

Die Baustoffe der Kategorie 2 halten die Gehaltswerte des Anhangs 2 des Baustoffbeschlusses ein (Werte siehe Anhang A7). Die Immissionswerte würden jedoch überschritten, wenn nicht zusätzlich isolierende Maßnahmen (z.B. Einsatz mindestens 0,5 m über dem Grundwasserlevel, Vorkehrungen zum Schutz vor Regenwasser) durchgeführt werden. Baustoffe, die nicht in Kategorie 1 oder 2 fallen, dürfen nicht als Baustoffe verwendet werden.

Zusätzlich zu den beiden Kategorien für Baustoffe gibt es noch eine Kategorie für "Saubere Erde" (clean earth) sowie zwei Spezialkategorien für Teerasphaltzuschlag und Asche aus Müllverbrennungsanlagen. Boden entspricht der Kategorie "Saubere Erde", wenn die Gehaltswerte des Anhangs 1 des Baustoffbeschlusses eingehalten werden. Überschreitet der Boden die Gehaltswerte, wird er wie Baustoffe der Kategorie 1 und 2 behandelt. Für die beiden Spezialkategorien gelten spezielle Regelungen zum Schutz des Bodens.

Der Nachweis der Umweltverträglichkeit der Baustoffe muss durch den Verkäufer oder Produzenten erbracht werden. Möglich ist ein Einzelnachweis bei jeder Lieferung oder eine kontinuierliche Güteüberwachung. Neben dem Nachweis der Umweltverträglichkeit der eingesetzten Baustoffe besteht nach dem Gesetz auch eine Anzeigepflicht für den Einsatz eingestufter Baustoffe bei der zuständigen Behörde sowie eine Beseitigungspflicht des Besitzers bei der Demontage eines Bauwerks nach dessen Nutzung.

#### **5.3.4 Gegenüberstellung DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser und Niederländischer Baustoffbeschluss**

Nachfolgend werden das DIBt-Merkblatt und der Niederländische Baustoffbeschluss gegenübergestellt. Die aufgeführten Merkmale gelten nur für mineralische Bauprodukte.

Tab. 7: Gegenüberstellung DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser [20] und Niederländischer Baustoffbeschluss [25]

Merkmal	DIBt-Merkblatt, Teil I und Teil II "Beton und Betonausgangsstoffe"	Niederländischer Baustoffbeschluss
Anwendungsbereich	Bewertungskonzept für <b>Bauprodukte</b> hinsichtlich der Auswirkungen auf Boden und Grundwasser, <b>die direkt auf dem Boden aufliegen oder in Kontakt mit diesem sind (erdbe-rührte Bauteile)</b> . Zum Vergleich mit dem Baustoffbeschluss wird hier nur der produktsspezifische Teil II "Beton und Betonausgangsstoffe" betrachtet.	Bewertung nur für <b>mineralische Baustoffe</b> hinsichtlich der Auswirkungen auf Boden und Grundwasser. Zusätzlich zur Bewertung von mineralischen Bauprodukten enthält der Baustoffbeschlusses weitere Regelungen z.B. die Beseitigungspflicht bei Demontage eines Bauwerkes.
Bewertungskonzept		
Bewertung der Inhaltsstoffe	Vorgabe von <b>Ausschlusskriterien</b> (Einhaltung der gesetzlichen Verbote und Beschränkungen, kein Einsatz von N, T+, T-Stoffen und CMR-Stoffen, Einhaltung von Grenzwerten für Feststoff und Eluat für mineralische Abfälle)	Einhaltung von <b>Grenzwerten für den Feststoff nur für organische Parameter</b> , sonst keine weiteren Ausschlusskriterien
Bewertung der mobilisierbaren Inhaltsstoffe	Vorgabe von allgemeinen Parametern (z.B. pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit)  Vorgabe einer maximal zulässigen <b>Emission</b> für Schwermetalle (As, Cd, Co, Cr(ges.), Cr(VI), Cu, Ni, Pb, Zn) in <b>mg/m<sup>2</sup></b> (Werte gelten nur für Beton und Betonausgangsstoffe)  Vorgabe von biologischen Testverfahren, wenn keine Grenzwerte für enthaltene relevante organische Schadstoffe vorliegen	Vorgabe einer maximal zulässigen <b>Immission</b> in den Boden für Schwermetalle (As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Sb, Se, Sn, Pb, V, Zn) in <b>mg/m<sup>2</sup> und 100 Jahren</b>
Herleitung der Grenzwerte für mobilisierbare Inhaltsstoffe	Geringfügigkeitsschwellen leiten sich aus einer nur <b>geringfügigen Veränderung des Grundwassers</b> ab (keine relevanten ökotoxikologischen Auswirkungen, Werte TrinkwasserVO müssen eingehalten werden).	Immissionsgrenzwerte leiten sich aus den <b>Hintergrundwerten eines standardisierten Bodens</b> ab (maximaler Eintrag 1 % der Feststoffgehalte für Schwermetalle eines standardisierten Bodens innerhalb von 100 Jahren)
Eluatverfahren zur Bestimmung der mobilisierbaren Inhaltsstoffe	<b>Langzeitstandtest</b> nach dem Normentwurf des DAfStb (56 Tage)	<b>Langzeitstandtest</b> nach NEN 7345 (64 Tage)

## 5.4 Mandat 114 – Zemente, Baukalke und andere hydraulische Bindemittel

Zement, Baukalk und andere hydraulische Binder werden zur Herstellung von Beton, Mörtel, Einpressmörtel und anderen Mischungen für den Bau und zur Herstellung von Bauprodukten verwendet. Das Mandat 114 gibt folgende Produktfamilien mit üblicherweise eingesetzten Materialien an [41].

Tab. 8: M 114: Produktfamilien und Beispiele für eingesetzte Materialien [41]

Bauproduktfamilie	Eingesetzte Materialien
Gebräuchliche Zemente (Normalzemente) Spezialzemente	Portlandzementklinker granulierte Hochofenschlacke (Hüttensand) natürliches Puzzolan Flugasche Schiefer Kalkstein Silikastaub Nebenbestandteile Calciumsulfat Zusatzmittel
Putz- und Mauerbinder	Portlandzementklinker anorganische mineralische Stoffe organische Stoffe
Calciumaluminat-Zement (Tonerdezement)	Calciumaluminatklinker Mahlhilfen
Baukalk	gebrannter Kalkstein gebrannte Muscheln gebrannter Dolomitkalk hydraulischer Kalk puzzolanische oder hydraulische Stoffe Zusatzmittel
Hydraulischer Tragschichtbinder für den Straßenbau	Portlandzementklinker granulierte Hochofenschlacke (Hüttensand) natürliches Puzzolan Flugasche Schiefer Kalkstein Kalk Nebenbestandteile Calciumsulfat Zusatzmittel

Das Mandat M 114 nennt keine konkreten gefährlichen Stoffe, die in den von CEN zu erarbeitenden harmonisierten europäischen Normen zu berücksichtigen sind. Es enthält lediglich den allgemeinen Passus (Anhang 4), der darauf hinweist, dass alle einschlägigen (europäische und nationale) Rechtsvorschriften für gefährliche Stoffe einzuhalten sind.

Da es sich bei Zement um die mengenmäßig relevante Bauproduktfamilie innerhalb des Mandats handelt und ein Großteil der für Zement aufgeführten Materialien auch in den anderen Produktfamilien eingesetzt wird, wird im folgenden Kapitel unter dem Begriff "Zement" nur die Produktfamilie "Gebräuchliche Zemente und Spezialzemente" behandelt. Zemente nach Mandat M 114 können zur Herstellung von Beton, Mörtel und Einpressmörtel eingesetzt werden. Neben diesen mandatierten Anwendungsbereichen findet Zement aber auch in Zementsuspensionen Verwendung. Im folgenden Kapitel wird aufgrund der Mengenrelevanz nur der Einsatz von Zement zur Herstellung von Beton behandelt.

### **Europäische harmonisierte Produktnormen für gebräuchliche Zemente und Spezialzemente nach Mandat 114**

Im folgenden werden die Produktnormen für Zement aufgelistet, die in der zweiten Normengeneration mit Gesundheits- und Umweltkriterien zu ergänzen sind.

*Tab. 9: Harmonisierte europäische Produktnormen für Zement*

Nr.	Titel	Ausgabe (Stand: 01/2004)
DIN EN 197-1	Zement: Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement	Februar 2001
DIN EN 197-3 (Entwurf)	Zement: Teil 3: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien für Normalzemente mit niedriger Hydratationswärme	September 2001
DIN EN 197-4 (Entwurf)	Zement: Teil 4: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien für Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit	CEN-Umfrage (under approval)
DIN EN 14216 (Entwurf)	Zement: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien für Massenbeton-Zement mit niedriger Hydratationswärme	September 2001
DIN EN 14217 (Entwurf)	Zement: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien für Massenbeton-Zement mit niedriger Hydratationswärme und niedriger Anfangsfestigkeit	September 2001

Die aufgeführten Zementproduktnormen der ersten Generation enthalten nur den allgemeinen Passus im Anhang Z, dass nationale Regelungen der Mitgliedstaaten zu gefährlichen Stoffen einzuhalten sind. Weiterhin wird in den Produktnormen darauf verwiesen, dass u.a. in Deutschland Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für chromathaltige Zemente und chromathaltige zementhaltige Zubereitungen nach TRGS 613 einzuhalten sind<sup>12</sup> [42].

12

Nach der Erarbeitung der Normen wurde ein europäisch harmonisierter Grenzwert für den Chromatgehalt im Zement festgelegt (Richtlinie 2003/52/EG), der ab dem 17. Januar 2005 anzuwenden ist [57].

### 5.4.1 Zement - Allgemeines

Zement wird als hydraulisches Bindemittel bei der Herstellung von Beton eingesetzt und besteht im wesentlichen aus Calciumoxid, Siliciumdioxid, Aluminiumoxid und Eisenoxid. Der fein gemahlene anorganische Stoff ergibt mit Wasser gemischt Zementleim, der durch Hydratation erstarrt und erhärtet und nach dem Erhärten auch unter Wasser fest und raumbeständig bleibt.

Der wichtigste Bestandteil von Zement ist Portlandzementklinker, der durch Vermischen und Mahlen von Rohstoffen, die Kalk, Silikate, Tonerde und Ferrite enthalten und durch Brennen im Schacht- oder Drehrohrofen bei Brennguttemperaturen von ca. 1.450 °C hergestellt wird. Portlandzementklinker wird mit weiteren Bestandteilen wie Calciumsulfat und gegebenenfalls hydraulisch wirkenden Stoffen (z.B. Hüttensand, Flugasche) und/oder Kalkstein zu Zement vermahlen.

Normalzemente werden nach den Anforderungen und Definitionen der harmonisierten europäischen Zementnorm DIN EN 197-1 hergestellt [43]. Die Norm teilt die Zemente in 5 Zementarten ein (CEM I bis CEM V), die sich in 27 Produktgruppen aufgliedern. Normzement setzt sich aus Hauptbestandteilen (> 5 %) und Nebenbestandteilen (< 5 %) zusammen. Als Hauptbestandteile nennt die Zementnorm DIN EN 197-1 [43]:

- Portlandzementklinker (K)
- Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke) (S)
- Puzzolane (P, Q)
- Flugasche (V, W)
- Gebrannter Schiefer (T)
- Kalkstein (L, LL)
- Silikastaub (D)

Nebenbestandteile sind bis zu einem Massenanteil von 5 % zulässig und dienen der Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Zements. Eingesetzt werden hauptsächlich anorganische mineralische Stoffe.

Zusätzlich zu den Haupt- und Nebenbestandteilen enthält Zement auch Calciumsulfat zur Regelung des Erstarrungsverhaltens und Zementzusätze. Zementzusätze dürfen einen Massenanteil von 1 % (bezogen auf den Zement) nicht überschreiten. Organische Zusatzmittel dürfen nur bis zu einem Massenanteil von 0,5 % (bezogen auf Zement) enthalten sein. Die Tabelle im Anhang A8 zeigt eine Übersicht der Normzemente nach DIN EN 197-1.

Die Produktion von Zement lag im Jahr 2002 in der Europäischen Union bei ca. 193,5 Mio. Tonnen. Eingesetzt wurden in der Europäischen Union prozentual folgende Zementarten (2001) [44]:

- |                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| • Portlandkompositzement (CEM II) | 53,3 % |
| • Portlandzement (CEM I)          | 33,7 % |
| • Hochofenzement (CEM III)        | 6,5 %  |
| • Puzzolanzement (CEM IV)         | 5,0 %  |
| • Andere Zemente (CEM V)          | 1,5 %  |

## 5.4.2 Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Zement

Im folgenden Kapitel wird die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Zement, die von den Zementbestandteilen Portlandzementklinker, Hüttensand, gebrannter Schiefer, Calciumsulfat sowie den Zementzusätzen herrührt, dargestellt. Die Zementbestandteile Puzzolane, Flugasche, Kalkstein und Silikastaub werden auch als Betonzusatzstoffe eingesetzt und sind dort beschrieben (siehe Kap. 5.6.1).

Die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Zement wurde v.a. im Rahmen des IBAC-Forschungsvorhabens [26] anhand der Auswertung von Auslaugversuchen mit Zement oder Beton, der mit dem zu untersuchenden Zement hergestellt wurde, untersucht. Eine Bewertung der Freisetzung erfolgte durch den Vergleich der Ergebnisse von Schüttel- und Standtests mit den Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20]. Beim Einsatz von mineralischen Abfällen wurden die Richtwerte der jeweiligen abfallspezifischen Regelung der LAGA-Mitteilung 20 "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" [27] herangezogen.

Im Hinblick auf eine Gefährdung von Boden und Grundwasser ist bei Zement die Freisetzung von Schwermetallen, organischen Stoffen und der Einsatz von Abfällen bei der Zementherstellung relevant.

Aufgrund der hohen gesundheitlichen Relevanz wird aus Gründen des Arbeitsschutzes der Gehalt an Chromat bei der Betrachtung von Zement berücksichtigt, da auch das Grundlagendokument Nr. 3 die Einbeziehung anderer Richtlinien, die für Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz relevant sind, fordert [8].

Für die betrachtete Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Zement werden Handlungsempfehlungen ausgesprochen, die Anhaltspunkte dafür geben, welche Stoffe bei der Überarbeitung der technischen Spezifikationen zur Harmonisierung der wesentlichen Anforderung "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" berücksichtigt werden sollten.

### 5.4.2.1 Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen

Schwermetalle können über die eingesetzten Haupt- und Nebenbestandteile, Calciumsulfat und die Zementzusätze in den Zement eingetragen werden. Die Schwermetallgehalte für Portlandzement (CEM I) liegen für die meisten Elemente innerhalb der Spannweiten von natürlichen Gesteinen. Lediglich die Gehalte für Arsen, Blei, Zink und Chrom können aufgrund der Rohstoffzusammensetzung und der Brennbedingungen erhöht sein. Chrom kann bis zu 20 % als Chromat (Chrom(VI)) vorliegen, das im Gegensatz zu Chrom(III) eine hohe Löslichkeit aufweist und somit auch stärker ausgelauft werden kann [24]. Die Schwermetallgehalte für Hochofenzement (CEM III) sind geringer als bei Portlandzement, da Hüttensand in der Regel niedrigere Schwermetallgehalte aufweist als Portlandzementklinker [26]. Eine Übersicht der durchschnittlichen Schwermetallgehalte für Zement findet sich im Anhang A9.

Zur Bestimmung der Freisetzung von Schwermetallen aus Zement verweist das IBAC-Forschungsvorhaben [26] auf die Ergebnisse von Schüttel- und Standtests, die im Rahmen einer Dissertation zum Auslaugverhalten umweltrelevanter anorganischer Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen an der Technischen Hochschule in Aachen durchgeführt wurden [24]. Bei einem Schütteltest nach DIN 38414-S4 mit Portlandzement überschritt nur der Parameter Chromat die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20]. Da der Schütteltest aufgrund der vergrößerten

Oberfläche (Zerkleinerung der Probe, Überkopfschütteln) zu erhöhten Eluatwerten führt, wird davon ausgegangen, dass bei einem durchzuführenden Langzeitstandtest die im Schütteltest untersuchten Schwermetalle die Geringfügigkeitsschwellen ebenfalls einhalten werden. Durchgeführte Langzeitstandtests mit Portlandzement zeigten, dass dies auch der Fall ist. Alle Schwermetalle konnten die aus den Geringfügigkeitsschwellen abgeleiteten Grenzwerte des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser, Teil II für Beton und Betonausgangsstoffe einhalten.

Die Ergebnisse der Schüttel- und Langzeitstandtests zeigten, dass vorhandene Schwermetalle im Portlandzementklinker größtenteils dort verbleiben und eingebunden werden.

Bei der Mitverbrennung von Abfällen zur Herstellung von Portlandzementklinker können jedoch erhöhte Schwermetallgehalte auftreten. Diese Problematik wird ausführlich nachfolgend im Kap. 5.4.2.3 "Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch den Einsatz von Abfällen" behandelt.

Bei den weiteren Zementbestandteilen Hüttensand, gebrannter Schiefer und Calciumsulfat liegen die Gesamtgehalte an Schwermetallen unter den Schwermetallgehalten von Portlandzement, so dass eine erhöhte Freisetzung von Schwermetallen aus diesen Bestandteilen nicht zu befürchten ist [26].

#### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von Schwermetallen

Ergebnisse von Auslaugungsverfahren liegen bisher nur für Portlandzement (CEM I) und Hochofenzement (CEM III) vor. Um die Unbedenklichkeit für Boden und Grundwasser für alle Normzemente festzulegen, sollten zur Schaffung einer breiteren Datenbasis Auslaugtests für alle Zementarten durchgeführt und anhand eines Vergleichs mit den Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20] bewertet werden.

#### **5.4.2.2 Freisetzung von organischen Stoffen**

Auslaugbare organische Verbindungen im Portlandzementklinker, wie z.B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Dioxine und Furane, werden aufgrund der hohen Brennguttemperaturen von 1.450 °C zerstört und sind im Portlandzementklinker praktisch nicht nachweisbar [45].

Im Zement werden neben Portlandzementklinker auch Zementzusätze zur Verbesserung der Herstellung oder der Eigenschaften von Zement eingesetzt, die in Deutschland fast ausschließlich aus Mahlhilfen bestehen. Als Mahlhilfen finden in Deutschland hauptsächlich Glykole und Triethanolamin Einsatz [45]. Eine Auslaugung von organischen Stoffen aus Zement, die von diesen Mahlhilfen herrühren, wurde innerhalb des IBAC-Forschungsvorhabens [26] nicht betrachtet.

#### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von organischen Stoffen

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist von Portlandzementklinker keine erhöhte Freisetzung von organischen Stoffen zu erwarten. Durch weitere Auslaugtests sollte jedoch untersucht werden, ob durch den Zusatz von Mahlhilfen organische Stoffe aus Zement ausgelaugt werden können.

#### 5.4.2.3 Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch den Einsatz von Abfällen

Bei der Herstellung von Zement können Abfälle eingesetzt werden als:

- Brennstoffersatz (Sekundärbrennstoff) oder Rohmehlersatz (Sekundärrohstoff) bei der Portlandzementklinkerproduktion
- Zumahlstoffersatz bei der Verarbeitung von Portlandzementklinker zu Zement (Sekundärrohstoff)

#### Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff

Bei der Herstellung von Portlandzementklinker werden die eingesetzten Rohstoffe im Schacht- oder Drehrohrofen bei Brennguttemperaturen von ca. 1.450 °C zu Portlandzementklinker gebrannt. Als Brennstoffe für diesen Prozess wurden in der europäischen Zementindustrie im Jahr 2000 prozentual folgende Stoffe eingesetzt: [44]:

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| • Petrolkoks          | 45,4 %                            |
| • Steinkohle          | 30,6 %                            |
| • Heizöl              | 5,8 %                             |
| • Braunkohle          | 6,2 %                             |
| • Erdgas              | 0,9 %                             |
| • Sekundärbrennstoffe | 11,1 % (verschiedene Abfallarten) |

Die deutsche Zementindustrie setzte im Jahr 2000 folgende Brennstoffe ein [46]:

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| • Steinkohle          | 31,6 %                            |
| • Braunkohle          | 30,3 %                            |
| • Petrolkoks          | 8,5 %                             |
| • Heizöl              | 2,2 %                             |
| • Erdgas              | 0,7 %                             |
| • Sekundärbrennstoffe | 25,7 % (verschiedene Abfallarten) |

Wie die Zahlen belegen, werden bei der Zementherstellung - vor allem in Deutschland - verstärkt Sekundärbrennstoffe eingesetzt. Dies sind hier hauptsächlich Altreifen, Fraktionen aus Industrie-/Gewerbeabfällen, Tiermehle und -fette, Altöl, aufbereitete Fraktionen aus Siedlungsabfällen und Altholz [47]. Der Einsatz von Abfällen zur Verbrennung in Zementwerken wird in der Zukunft eher zunehmen auch infolge von zwei Urteilen des Europäischen Gerichtshofs (C-228/00 und C-458/00), die die Verbrennung von Abfällen in Zementwerken als Verwertungsmaßnahme, die Verbrennung dieser Abfälle in Müllverbrennungsanlagen aber als Beseitigungsmaßnahme einstufen.

Durch die Mitverbrennung von Abfällen zur Herstellung von Portlandzementklinker können erhöhte Schwermetallgehalte im Zement auftreten [26, 48]. Dies bestätigt auch ein Forschungsvorhaben des Forschungszentrums Karlsruhe im Auftrag des Umweltbundesamtes zum Schwermetalleintrag in Zement durch den Abfalleinsatz in Zementwerken, das auf eindeutig erhöhte Gehalte von Antimon und Zink durch den Einsatz von Sekundärbrennstoffen verweist [49].

Nach dem Vorsorgegrundsatz von Artikel 4 der EG-Abfallrahmenrichtlinie [50] und den Grundpflichten der deutschen Kreislaufwirtschaft nach § 5 (3) Satz 3 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) [19] darf es durch die Verwertung von Abfällen zu keiner Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf kommen. Um eine Schadstoffanreicherung im Zement zu verhindern, wurden von verschiedenen Seiten Richtwerte für Schwermetalle beim Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoffe in Zementwerken erlassen [51, 52, 53].

In Deutschland existiert ein Entwurf der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) aus dem Jahr 1997, der Richtwerte für den Schwermetallgehalt in Abfällen bei der Verbrennung in Zementwerken vorgibt. [51]. Dieser Entwurf wurde allerdings von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall nicht verabschiedet. In Deutschland wurde statt dessen von der Bundesgemeinschaft Sekundärbrennstoffe ein Label auf freiwilliger Basis eingeführt. Die Güte- und Prüfbestimmungen des Labels für Sekundärbrennstoffe gelten nur für Abfälle aus der Getrenntfassung (Monofraktionen) und für Teilfraktionen aus gemischten Siedlungsabfällen. Nach festgelegten Kriterien wie Grenzwerte für den Schwermetallgehalt, Eigen- und Fremdüberwachung kann ein RAL-Prüfzeichen vergeben werden [52].

Weitergehend ist die Richtlinie des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) zur Entsorgung von Abfällen in Zementwerken [53]. Diese enthält eine Liste mit Abfällen, die zur Verbrennung in Zementwerken zugelassen sind. Diese Positivliste enthält zusätzliche Bedingungen und Beschränkungen zum Einsatz folgender Abfälle:

- Hydrauliköle, nicht chlorierte Isolieröle
- Motoren- und Getriebeöle, Mineralölgemische, übrige Schmieröle
- Altholz
- Klärschlamm aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen
- Autoreifen und andere Abfälle aus Gummi
- Papier, Karton
- Petrolkoks
- Papierschlamm (auch aus der Altpapieraufbereitung)
- Kunststoffe (sortenrein und Mischungen)
- Polyester, PET
- Polyurethan, PUR-Schaum.

Alle Abfälle, die nicht in dieser Liste enthalten sind, müssen vorgegebene Richtwerte für Schwermetallgehalte einhalten. Für den Einsatz von Sonderabfällen (besonders überwachungsbedürftige Abfälle) gelten zusätzliche Anforderungen. Neben den Richtwerten für die Schwermetallgehalte der Abfälle werden auch Richtwerte für die Schwermetallgehalte des Zementes vorgegeben. Diese basieren auf den Schwermetallgehalten von Rohmaterialien aus Steinbrüchen in der Schweiz. Werden die Schwermetallgehalte im Zement überschritten, so ist gegebenenfalls der Mengendurchsatz der eingesetzten Abfälle zu reduzieren.

Bei der Festsetzung der Richtwerte des LAGA-Entwurfs orientierte sich die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) an der BUWAL-Richtlinie, so dass die Werte in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Im europäischen Kontext werden die Richtwerte der BUWAL-Richtlinie diskutiert [54].

Die folgende Tabelle zeigt die Richtwerte für den Schwermetallgehalt in Abfällen nach der BUWAL-Richtlinie und der Gütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe. Die Richtwerte des LAGA-Entwurfs können nicht gegenübergestellt werden, da diese in mg/MJ angegeben werden.

Tab. 10: Richtwerte für Schwermetallgehalte in Sekundärbrennstoffen nach BUWAL-Richtlinie [53] und der Gütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe [52]

Parameter	BUWAL-Richtlinie [in mg/kg] <sup>1</sup>	Gütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe [in mg/kg TS] <sup>2</sup>	
Anorganische Parameter		Medianwert	80-Perzentil-Wert
Antimon	5	25	60
Arsen	15	5	13
Barium	200		
Beryllium	5	0,5	2
Blei	200	70/190 <sup>3</sup>	200/- <sup>3 4</sup>
Cadmium	2	4	9
Chrom, gesamt	100	40/125 <sup>3</sup>	120/250 <sup>3</sup>
Kobalt	20	6	12
Kupfer	100	120/350 <sup>3</sup>	-/- <sup>4</sup>
Mangan		50/250 <sup>3</sup>	100/500 <sup>3</sup>
Nickel	100	25/80 <sup>3</sup>	50/160 <sup>3</sup>
Quecksilber	0,5	0,6	1,2
Selen	5	3	5
Silber	5		
Tellur		3	5
Thallium	3	1	2
Vanadium	100	10	25
Zink	400		
Zinn	10	30	70
Organische Parameter			
TOX, org. Stoffe	kein allgemeiner Richtwert		

- 1 in mg/kg, bezogen auf einen Heizwert  $H_u$  von 25 MJ/kg
- 2 Die Schwermetallgehalte sind gültig ab einem Heizwert  $H_{uTS}$  von 20 MJ/kg für heizwertreiche Fraktionen aus Siedlungsabfällen und ab einem Heizwert  $H_{uTS}$  von 20 MJ/kg für produktionsspezifische Abfälle. Bei Unterschreitung dieser Heizwerte sind die Werte entsprechend linear abzusenken, eine Erhöhung ist nicht zugelassen.
- 3 Der erste Wert gilt für produktionsspezifische Abfälle, der zweite Wert für heizwertreiche Fraktionen von Siedlungsabfällen.
- 4 Festlegung erst bei gesicherter Datenlage aus der Sekundärbrennstoffaufbereitung.

Zur Förderung der Entwicklung erneuerbarer Energiequellen und zur Beseitigung von Handelsbarrieren erteilte die Europäische Kommission im Januar 2002 an CEN ein Mandat zur Erarbeitung von Normen im Bereich fester Brennstoffe aus Abfällen. Das CEN/TC 343 "Solid recovered fuels" wurde im Juni 2002 eingerichtet. Es entwickelt Normen für die Bereiche Terminologie, Anforderungen und Klassifizierung, Qualitätssicherung, Probenahme und Probenaufbereitung, chemische und physikalische Prüfverfahren. Der vorläufige Anwendungsbereich der europäischen Normen umfasst ungefährliche, brennbare Abfälle, die als feste Sekundärbrennstoffe eingesetzt werden können [55]. Bei dem Mandat zur Erarbeitung von Normen im Bereich fester Brennstoffe aus Abfällen ist zu berücksichtigen, dass u.a. nur Prüfmethoden zur Bestimmung des Schwermetallgehalts erarbeitet werden. Die Festlegung von Grenz- und Zielwerten verbleibt weiterhin im Zuständigkeitsbereich der Mitgliedstaaten.

### **Einsatz von Abfällen als Sekundärrohstoff**

Neben dem Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoffe können Abfälle auch als Rohmehlersatz bei der Portlandzementklinkerherstellung oder als Zumahlstoff bei der Herstellung von Zement aus Portlandzementklinker eingesetzt werden. Als Rohmehlersatz werden in Deutschland u.a. Gießereialsande, Einsatzstoffe aus der Eisen- und Stahlindustrie (z.B. Walzzunder), Papierreststoffe, Verbrennungsaschen und mineralische Reststoffe (z.B. ölverunreinigter Boden) eingesetzt [47].

Durch den Einsatz von Abfällen als Sekundärrohstoffe können ebenfalls Schwermetalle in den Zement eingebracht werden. Eine Studie des Forschungszentrums Karlsruhe im Auftrag des Umweltbundesamtes zum Schwermetalleintrag in Zement durch den Abfalleinsatz in Zementwerken nennt hier vor allem erhöhte Gehalte an Cadmium, Blei und Kobalt [49].

Richtwerte zum zulässigen Schwermetallgehalt von Abfällen, die als Sekundärrohstoffe eingesetzt werden, gibt die BUWAL-Richtlinie zur Verbrennung von Abfällen in Zementwerken vor [53]. Diese enthält eine Positivliste mit Abfällen, die zum Einsatz als Rohmehlersatz oder Zumahlstoff zugelassen sind. Die Positivliste enthält Bedingungen und Beschränkungen zum Einsatz dieser Abfälle. Alle Abfälle, die nicht in der Positivliste enthalten sind, müssen vorgegebene Richtwerte für Schwermetalle im Feststoff einhalten. Für den Einsatz von Sonderabfällen gelten zusätzliche Anforderungen. Neben den Schwermetallgehalten der Abfälle werden auch Richtwerte für den Zement vorgegeben. Diese basieren auf den Schwermetallgehalten von Rohmaterialien aus Steinbrüchen in der Schweiz. Werden die vorgegebenen Werte im Zement überschritten, so ist gegebenenfalls der Mengendurchsatz der eingesetzten Abfälle zu reduzieren [53].

## Handlungsempfehlungen für den Einsatz von Abfällen bei der Zementherstellung

Beim Einsatz von Abfällen als Sekundärrohstoff sollte der Gehalt und die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz untersucht werden. Der zu untersuchende Parameterumfang sollte sich an den Anforderungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zum Einsatz von mineralischen Abfällen/Reststoffen orientieren [27].

Beim Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff sollten die Schwermetallgehalte im Abfall und im Zement bestimmt werden. Anhaltspunkte für den zu untersuchenden Parameterumfang geben die LAGA-Mitteilung 20 [27], die BUWAL-Richtlinie [53] und die Gütekennzeichnungsgemeinschaft für Sekundärbrennstoffe [52].

Für die zu bestimmenden Schwermetalle sollten in den Produktnormen Stufen und Klassen oder deklarierte Werte festgelegt werden, um eine Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen durch die Mitgliedstaaten zu ermöglichen.

Sinnvoll ist sicher auch die Erarbeitung einer Positivliste mit Abfällen, die als Sekundärbrennstoff und/oder Sekundärrohstoff bei der Zementherstellung zugelassen sind. Orientierung bietet hier die BUWAL-Richtlinie [53].

Falls keine Schwermetalluntersuchungen vorgegeben werden, ist eine Kennzeichnungspflicht für den Einsatz von Abfällen notwendig, um den Mitgliedstaaten die Möglichkeit zu geben, weitergehende Anforderungen im Sinne des nationalen Schutzniveaus zu stellen.

### **5.4.2.4 Gehalt an Chromat**

Zement kann geringe Mengen an Chrom enthalten. Dabei können bis zu 20 M-% des Chroms als Chromat (Cr(VI)) vorliegen, das gegenüber Cr(III) eine hohe Wasserlöslichkeit aufweist und aufgrund seiner hohen Toxizität für die Auslaugung in Boden und Grundwasser [24], aber auch aus Gründen des Arbeitsschutzes von hoher Relevanz ist. Chromat entsteht beim Brennen von Portlandzementklinker aus den in Spuren enthaltenen Chromsalzen. Wird dem Zement Wasser zugesetzt, kann sich dieses Chromat lösen, auf die menschliche Haut gelangen und diese durchdringen.

Chromat wird nach der europäischen Richtlinie 67/548/EWG als krebserzeugend, allergen und umweltgefährlich eingestuft [3]. Das enthaltene wasserlösliche Chromat kann bei Personen, die mit feuchten Zementzubereitungen in Hautkontakt kommen, starke allergische Ekzeme ("Maurerkrätze") auslösen. Durch den Zusatz von Chromatreduzierern vermindert sich der Gehalt an Chromat. Dies führt nachweislich zu einer Reduzierung der Ekzeme, die durch Hautkontakt mit Zement verursacht wurden [56]. In einigen Ländern wie Deutschland, Finnland, Schweden, Dänemark, Norwegen und Island existieren daher bereits Regelungen zum Chromatgehalt im Zement [43].

Im Juli 2003 verabschiedete die Europäische Kommission die Richtlinie 2003/53/EG, nach der nur noch Zement mit einem Chromatgehalt < 2 ppm in Verkehr gebracht und verwendet werden darf. Eine Ausnahme bilden Zemente, bei deren Verwendung der Zement ausschließlich mit Maschinen in Kontakt kommt und somit keine Gefahr von Hautkontakten besteht [57]. Da es sich jedoch bei dem Großteil der in Europa verwendeten Zemente um Siloware, also um Zement ohne Gefahr von Hautkontakten handelt, hat diese Beschränkung des Gehalts keine oder nur eine geringe Auswirkung für die Auslaugung von Chromat in Boden und Grundwasser. Bei Beton, der mit Boden und Grundwasser in Berührung kommt, wird in der Regel Zement als Siloware eingesetzt.

### 5.4.3 Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Zement

Die nachfolgende Tabelle fasst die im vorherigen Kapitel dargestellten Untersuchungen zur Gesundheits- und Umweltverträglichkeit von Zement sowie die Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen zusammen.

*Tab. 11: Übersicht der Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Zement*

Harmonisierte Produktnorm	Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen	Handlungsempfehlungen
<b>M 114: Zement</b>		
DIN EN 197-1 DIN EN 197-3 DIN EN 197-4 DIN EN 14216 DIN EN 14217	<p><b>Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen:</b> Erhöhte Schwermetallgehalte für Arsen, Blei, Zink und Chrom im Portlandzement gegenüber natürlichen Gesteinen</p> <p>Beim Schütteltest nach DIN 38414-S4 werden Geringfügigkeitsschwellen nur für Chromat überschritten.</p> <p>Beim Langzeitstandtest werden alle aus den Geringfügigkeitsschwellen abgeleiteten Grenzwerte für Betonausgangsstoffe eingehalten, allerdings nur geringe Datenbasis.</p> <p>Ergebnisse von Auslaugungsverfahren liegen bisher nur für Portlandzement (CEM I) und Hochofenzement (CEM III) vor.</p>	Zur Schaffung einer breiteren Datenbasis sollten Auslaugtests für alle Zementarten durchgeführt und anhand eines Vergleichs mit den Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts bewertet werden.
	<p><b>Freisetzung von organischen Stoffen:</b> Keine Freisetzung von auslaugbaren organischen Stoffen wie PAK, Dioxine/Furane aus dem Portlandzementklinker aufgrund hoher Brennguttemperaturen.</p> <p>Keine Untersuchungsergebnisse zur Auslaugung von organischen Stoffen aus Zementzusätzen wie Mahlhilfen</p>	Die Auslaugung von organischen Stoffen aus Zement (Zementzusätze) sollte anhand von Auslaugversuchen untersucht werden.

Harmonisierte Produktnorm	Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen	Handlungsempfehlungen
<b>M 114: Zement</b>		
DIN EN 197-1 DIN EN 197-3 DIN EN 197-4 DIN EN 14216 DIN EN 14217	<p><b>Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff/-rohstoff):</b></p> <p>Erhöhte Schwermetallgehalte im Portlandzement durch den Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff oder Sekundärrohstoff möglich.</p>	<p>Beim Einsatz von Abfällen als Sekundärrohstoff sollten der Gehalt und die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz untersucht werden. Der zu untersuchende Parameterumfang sollte sich an den Anforderungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zum Einsatz von mineralischen Abfällen/Reststoffen orientieren [27].</p> <p>Beim Einsatz von Abfällen als Sekundärbrennstoff sollten die Schwermetallgehalte im Abfall und im Zement bestimmt werden. Anhaltspunkte für den zu untersuchenden Parameterumfang geben die LAGA-Mitteilung 20 [27], die BUWAL-Richtlinie [53] und die Gütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe [52].</p> <p>Eine Positivliste mit Abfällen, die als Sekundärbrennstoff und/oder Sekundärrohstoff bei der Zementherstellung zugelassen sind, sollte diskutiert werden.</p> <p>Falls keine Schwermetalluntersuchungen vorgegeben werden, ist eine Kennzeichnungspflicht für den Einsatz von Abfällen zu diskutieren.</p>

## 5.5 Mandat 125 – Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen)

Das Mandat M 125 definiert Zuschlagstoffe als Stoffe, die für die Zubereitung von Beton, Mörtel, Einpressmörtel, Mischungen für Bauwerke, für die Herstellung von Bauprodukten sowie für andere gebundene und ungebundene Baustoffgemische für Straßen- und sonstige Tiefbauarbeiten eingesetzt werden. In den erarbeiteten harmonisierten europäischen Produktnormen werden die Zuschlagstoffe als Gesteinkörnungen bezeichnet. Das Mandat 125 gibt nachfolgend aufgelistete Bauproduktfamilien mit Beispielen für die eingesetzten Materialien an [58].

Tab. 12: M 125: Produktfamilien und Beispiele für eingesetzte Materialien [58]

Bauproduktfamilie	Eingesetzte Materialien
Zuschläge für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	<u>Unbehandelt:</u> z.B. Stein (rund, gebrochen, zerrieben), Sand, Kies, Lava, Tuff
Zuschläge für bituminöses Mischgut und Oberflächenbehandlungen	<u>Künstlich hergestellte Produkte oder Nebenprodukte industrieller Prozesse:</u> z.B. Aschen, Tonarten, Schlacken, Vermiculite, Perlit, Aufheller, Rückstände aus Verbrennungsanlagen
Zuschläge für ungebundene und hydraulisch gebundene Baustoffgemische	<u>Rezykliert:</u> z.B. Beton, Mauerwerk, Asphalt
Wasserbausteine	
Gleis-Bettungsstoffe	
Füller (Gesteinsmehl)	

Das Mandat gibt für einzelne Produktfamilien gefährliche Stoffe vor, deren Freisetzung in den zu erstellenden Normen zu berücksichtigen ist (siehe nachfolgende Tabelle 13). Bei jeder Produktfamilie ist jedoch auch die Freisetzung weiterer gefährlicher Stoffe zu berücksichtigen, sobald sich Anhaltspunkte dazu ergeben. Der allgemeine Passus verweist darauf, dass alle einschlägigen Rechtsvorschriften für gefährliche Stoffe einzuhalten sind [58].

Tab. 13: M 125: Freisetzung von gefährlichen Stoffen [58]

Bauproduktfamilie	Freisetzung von gefährlichen Stoffen
Zuschläge für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	Freisetzung von Radioaktivität (von Zuschlägen radioaktiven Ursprungs)
Zuschläge für bituminöses Mischgut und Oberflächenbehandlungen	Freisetzung von Schwermetallen Freisetzung von polzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) Freisetzung anderer gefährlicher Stoffe
Zuschläge für ungebundene und hydraulisch gebundene Baustoffgemische	Freisetzung von Schwermetallen Freisetzung anderer gefährlicher Stoffe
Wasserbausteine Gleis-Bettungsstoffe Füller (Gesteinsmehl)	Freisetzung von gefährlichen Stoffen

Im folgenden Kapitel werden nur Zuschläge für Beton behandelt, da die anderen im Mandat genannten Bauproduktfamilien hauptsächlich im Straßenbau eingesetzt werden, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht betrachtet werden. Füller (Gesteinsmehle) werden im Mandat 128 – Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel dargestellt.

### **Europäische harmonisierte Produktnormen für Zuschlagstoffe (außer Straßenbau)**

Im folgenden werden die bisher veröffentlichten harmonisierten europäischen Produktnormen für Betonzuschläge aufgelistet, die bei der Überarbeitung mit Gesundheits- und Umweltkriterien zu ergänzen sind.

*Tab. 14: Harmonisierte europäische Produktnormen für Gesteinskörnungen*

Nr.	Titel	Ausgabe (Stand: 01/2004)
DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton	April 2003
DIN EN 13055-1	Leichte Gesteinskörnungen - Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	August 2002

Die aufgeführten Produktnormen enthalten in der derzeitigen Fassung nur eine allgemeine Anmerkung, dass bei der Verwendung von Gesteinskörnungen aus Bezugsquellen, die sich noch nicht bewährt haben z.B. rezyklierte oder bestimmte industriell hergestellte Gesteinskörnungen, die Gesteinskörnungen sorgfältig zu prüfen sind. Wenn erforderlich, können Vorschriften, die am Verwendungsort gelten, herangezogen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass die Freisetzung von Radioaktivität, Schwermetallen und polzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen zu prüfen ist, wenn dies für die CE-Kennzeichnung erforderlich ist. Weiterhin ist wie im Mandat im Anhang Z der allgemeine Passus enthalten, dass nationale Regelungen der Mitgliedstaaten zu gefährlichen Stoffen einzuhalten sind.

### **Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen) - Allgemeines**

In den harmonisierten europäischen Produktnormen werden Zuschlagstoffe als Gesteinskörnungen bezeichnet. Dieser Begriff wird auch im folgenden verwendet. Die europäische nicht harmonisierte Norm für Beton DIN EN 206-1 definiert Gesteinskörnungen als gekörnte, mineralische Stoffe, die für die Verwendung in Beton geeignet sind. Sie können natürlich oder künstlich sein oder aus vorher beim Bauen verwendeten rezyklierten Stoffen bestehen. Als allgemein geeignet gelten normale und schwere Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 [59] und leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1 [60]. Für rezyklierte Gesteinskörnungen existieren bisher keine Regelungen in der europäischen Normung. Bis zu ihrer Erarbeitung können nationale Normen oder Regelungen, die am Ort der Verwendung des Ausgangsstoffs gelten, verwendet werden [22]. Die Einteilung der Gesteinskörnungen nach DIN EN 206-1 verdeutlicht nachfolgende Grafik.

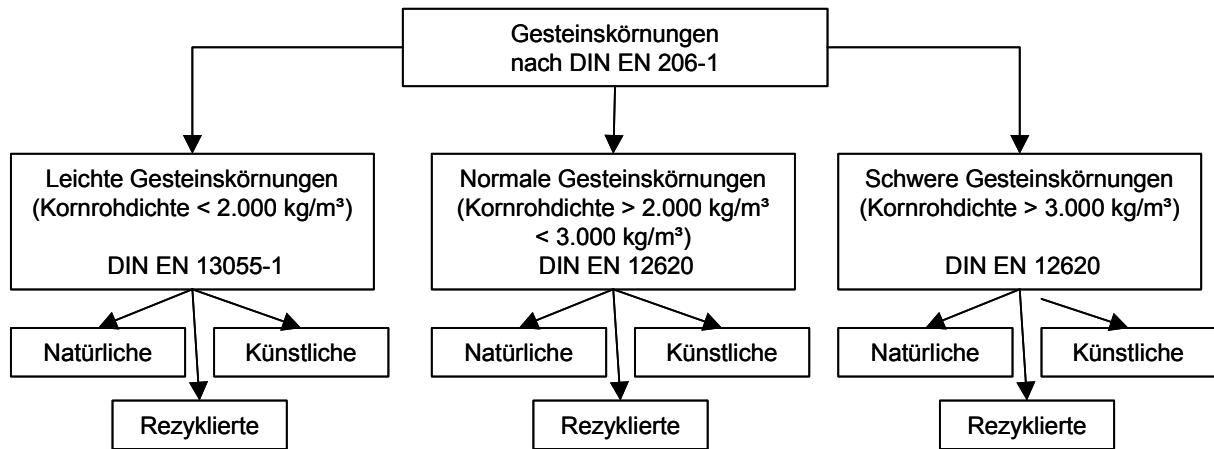


Abb. 3: Einteilung der Gesteinskörnungen nach DIN EN 206-1 [22]

### 5.5.1 Normale Gesteinskörnungen

Für die Herstellung von Beton nach DIN EN 206-1 sind normale Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 mit einer Kornrohdichte  $> 2.000 \text{ kg/m}^3$  und  $< 3.000 \text{ kg/m}^3$  einzusetzen. Geeignet sind natürliche, industriell hergestellte (künstliche) oder rezyklierte Gesteinskörnungen [22]. Rezyklierte Gesteinskörnungen werden im Kap. 5.5.4 behandelt.

#### 5.5.1.1 Natürliche Gesteinskörnungen

Als natürliche Gesteinskörnungen werden Gesteinskörnungen aus mineralischen Vorkommen bezeichnet, die ausschließlich einer mechanischen Aufbereitung unterzogen wurden [59]. Eingesetzt werden hauptsächlich natürliche Gesteine wie quarzitisches Gestein, Kalkstein, Granit, Gabbro, Diabas, Basalt und Grauwacke [26]. In der Europäischen Union liegt der Anteil natürlicher Gesteinskörnungen bei den produzierten Gesteinskörnungen bei ca. 50 % [62].

#### Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus natürlichen Gesteinskörnungen

Natürliche Gesteine können geringe Mengen an Schwermetallen wie Kobalt, Barium, Blei oder Vanadium enthalten. Eine Übersicht der durchschnittlichen Schwermetallgehalte von natürlichen Gesteinskörnungen findet sich im Anhang A9.

Die technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) legen Anforderungen für die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen/Reststoffen u.a. auch für Boden fest. Für natürlichen Boden werden Richtwerte (Z0-Werte) vorgegeben, die für Schwermetalle den überwiegenden Teil des natürlichen Schwankungsbereichs abdecken. Bei Unterschreiten dieser Z0-Werte für Boden (Feststoff) wird davon ausgegangen, dass die Schutzwerte Boden und Grundwasser nicht beeinträchtigt werden [27]. Ein Vergleich der Schwermetallgehalte natürlicher Gesteine mit den Z0-Werten für Boden zeigt, dass fast alle natürlichen Gesteine diese Werte übersteigen. Andere Quellen geben an, dass in natürlichen Gesteinskörnungen die Schwermetallgehalte nicht über den Gehalten im Boden und in der Lithosphäre liegen [24].

## Handlungsempfehlungen für Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus natürlichen Gesteinskörnungen

Aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Schwermetallgehalte in natürlichen Gesteinen sollte generell diskutiert werden, ob an natürliche Gesteine Anforderungen an eine mögliche Auslaugung von Schwermetallen zu stellen sind.

### **5.5.1.2 Industriell hergestellte (künstliche) Gesteinskörnungen**

Als industriell hergestellte Gesteinskörnungen werden nach DIN EN 12620 Gesteinskörnungen mineralischen Ursprungs bezeichnet, die in einem industriellen Prozess unter Einfluss einer thermischen oder sonstigen Veränderung entstanden sind [59].

Als industriell hergestellte Gesteinskörnungen für Normalbeton werden vor allem Schlacken eingesetzt. Diese lassen sich in Eisenhüttenschlacken, Schmelzkammergranulat, Metallhüttenschlacken und Müllverbrennungsschlacken einteilen.

Eisenhüttenschlacken entstehen bei der Produktion von Roheisen (Hochofenschlacke) und Stahl (Stahlwerksschlacke). Hochofenschlacke entsteht bei der Gewinnung von Roheisen aus Erzen durch die Reaktion von Kalkstein und Gangart bei hoher Temperatur. Je nach Abkühlungsbedingung und –zeit erstarrt Hochofenschlacke zu

- kristalliner Hochofenstückschlacke, die als Betonzuschlag oder
- glasigem feinkörnigem Hüttensand, der bei der Herstellung von Zement eingesetzt wird [23].

Stahlwerksschlacke entsteht bei der Erzeugung von Rohstahl und wird nach dem jeweiligen Stahlerzeugungsverfahren bezeichnet als:

- LD-Schlacke (Linz-Donawitz-Verfahren)
- EO-Schlacke (Elektroofen-Verfahren)

Im Jahr 2000 wurden in Europa ca. 25 Mio. t Hochofenschlacke und ca. 16,8 Mio. t Stahlwerksschlacke erzeugt. Die Verwertungsrate der Hochofenschlacke liegt in den meisten Ländern bei fast 100 % [63]. In Deutschland werden die Schlacken ebenfalls fast vollständig der Wiederverwertung zugeführt. So fanden im Jahr 2000 in Deutschland ca. 70 % des Hüttensands Einsatz bei der Zementherstellung. Die stückige Hochofenschlacke wird im Straßenbau und als Betonzuschlag verwendet. Ca. 60 % der Stahlwerksschlacken werden als Baustoffe verwertet, dabei vor allem im Straßen-, Wege- und Wasserbau [64].

Schmelzkammergranulat entsteht bei der Verbrennung von Steinkohle in Schmelzkammerfeuerungsanlagen. Die Begleitgesteine der Kohle werden durch Einleiten in Wasser schockartig abgekühlt und erstarrten glasig als Granulat. Schlacken aus Braunkohlefeuerung werden in Deutschland nicht als Gesteinskörnung eingesetzt [26].

Metallhüttenschlacke entsteht beim Schmelzen von Blei-, Ferrochrom-, Kupfer-, Nickel- oder Zinkerzen sowie bei der Gewinnung von Zinkoxid. Je nach Abkühlungszeit entsteht kristalline Stückschlacke oder ein glasiges, feinkörniges Granulat [65].

Haushmüllverbrennungsschlacke (HMV-Schlacke) entsteht bei der Verbrennung von Siedlungsabfällen. Nach der Definition der LAGA-Mitteilung 20 besteht die HMV-Rohschlacke aus einem Gemenge von gesinterten Verbrennungsprodukten, Eisen- schrott, Glas- und Keramikscherben, anderen mineralischen Bestandteilen sowie unverbrannten Resten. Die aufbereitete und abgelagerte Rohschlacke wird als HMV-Schlacke bezeichnet [27]. Müllverbrennungsschlacke wird in Deutschland hauptsächlich im Tiefbau (ungebundene Tragschichten) eingesetzt.

Neben dem Einsatz von Schlacken als künstlich hergestellte Gesteinskörnungen ist auch die Verwendung weiterer Gesteinskörnungen wie Kläranlagen- und Kanalsand sowie Gießereialsand möglich [66]. Über den Einsatz dieser und weiterer Materialien als Gesteinskörnung in den Mitgliedstaaten liegen keine Informationen vor.

Ein Teil der industriell hergestellten Gesteinskörnungen wird nach dem Europäischen Abfallverzeichnis als Abfall und zum Teil als gefährlicher Abfall aufgeführt <sup>13</sup> [67]. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die im Europäischen Abfallverzeichnis aufgeführten künstlichen Gesteinskörnungen mit dem dazugehörigen Abfallcode.

Tab. 15: *Abfallcode für industriell hergestellte Gesteinskörnungen nach dem Europäischen Abfallverzeichnis [67]*

Industriell hergestellte Gesteinskörnung	Abfallcode	Abfallarten
Schmelzkammergranulat	10 01 01	Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub aus Kraftwerken
	10 01 14*	Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub aus der Abfallmitverbrennung, die gefährliche Stoffe enthalten (Einstufung als gefährlicher Abfall)
	10 01 15	Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub aus der Abfallmitverbrennung, mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 14 fallen
Eisenhüttenschlacke	10 02 01	Abfälle aus der Verarbeitung von Schlacke aus der Eisen- und Stahlindustrie
	10 02 02	unverarbeitete Schlacke aus der Eisen- und Stahlindustrie
Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen	19 01 11*	Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken, die gefährliche Stoffe enthalten aus Abfallbehandlungsanlagen (Einstufung als gefährlicher Abfall)
	19 01 12	Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken, mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen
Metallhüttenschlacke	10 04 01*	Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) aus der thermischen Bleimetallurgie (Einstufung als gefährlicher Abfall)
	10 05 01	Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) aus der thermischen Zinkmetallurgie
	10 06 01	Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) aus der thermischen Kupfermetallurgie

13 Bei der Einstufung als Abfall ist zu beachten, dass die Definition nach Art. 1 a) der Abfallrahmenrichtlinie 75/442/EWG zu erfüllen ist, wonach Abfälle alle Stoffe oder Gegenstände sind, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss [70].

Industriell hergestellte Gesteinskörnung	Abfallcode	Abfallarten
Metallhüttenschlacke	10 01 15	Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub aus der Abfallmitverbrennung, mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 14 fallen
Gießereialsand	10 09 07*	gefährliche Stoffe enthaltende Gießformen und –sande nach dem Gießen von Eisen und Stahl (Einstufung als gefährlicher Abfall)
	10 09 08	Gießformen und –sande nach dem Gießen, mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 09 07 fallen

In Deutschland regelt die Anwendungsnorm DIN V 20000-102 (Manuskript) zur europäischen Norm DIN EN 12620, dass als Gesteinskörnung nur natürliche Gesteinskörnungen und von den industriell hergestellten Gesteinskörnungen nur Hütten sand nach DIN 4301 [68], kristalline Hochofenschlacke und Schmelzkammergranulat eingesetzt werden dürfen [69]. Werden andere Gesteinskörnungen eingesetzt, so ist in Deutschland die Umweltverträglichkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachzuweisen [13].

### **Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus industriell hergestellten Gesteinskörnungen**

Stahlwerksschlacke und Schmelzkammergranulat weisen in einigen Fällen gegenüber natürlichen Gesteinskörnungen erhöhte Schwermetallgehalte bei Chrom, Kupfer, Quecksilber und Vanadium auf [26]. Eine Übersicht der durchschnittlichen Schwermetallgehalte in Schlacken findet sich im Anhang A9.

Im Rahmen des IBAC-Forschungsvorhabens wurden die Ergebnisse von Schütteltests für Schmelzkammergranulat, Hochofen- und Stahlwerksschlacken ausgewertet. Als Auslaugungsverfahren wurde der Schütteltest nach DIN 38414-S4 [29] eingesetzt. Die Auswertung der Schütteltests zeigte, dass die Eluatwerte die Z2-Werte der jeweiligen abfallspezifischen Regelung der LAGA-Mitteilung 20 [27] sowie die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20] einhielten. Allerdings waren die Nachweisgrenzen für Chromat und Cadmium zu hoch, so dass für diese Parameter keine Aussage getroffen werden konnte.

Ergebnisse von Langzeitstandtests zur Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Betonprüförpern, die mit den entsprechenden Schlacken hergestellt wurden, liegen nicht vor. Für Hütten sand und Hochofenstückschlacke geht die IBAC-Studie aufgrund seiner Eigenschaften von einem positiven Einfluss auf die Auslaugraten aus [26].

Die Schwermetallbelastung von Schmelzkammergranulat ist vom eingesetzten Brennstoff abhängig. So empfiehlt die IBAC-Studie Schmelzkammergranulat vor der Verwendung auf den Schwermetallgehalt zu überprüfen. Bei einer Abweichung von den üblichen Schwermetallgehalten (siehe Anhang A9) sollten weitergehende Untersuchungen des Auslaugungsverhaltens anhand eines Schüttel- oder ggf. eines Standtests durchgeführt und eine Bewertung nach dem DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser vorgenommen werden [26].

## Handlungsempfehlungen für Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus industriell hergestellten Gesteinskörnungen

In Deutschland existieren Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) erarbeitet wurden [27]. Diese technischen Regeln wurden in einzelnen Bundesländern eingeführt. Sie sind damit in diesen Ländern <sup>14</sup> rechtsverbindlich. Die technischen Regeln enthalten u.a. Anforderungen an die Verwertung von Schlacken aus Eisen-, Stahl- und Tempergießereien, Schlacken aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle und Gießereisande. Das DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser fordert ebenfalls die Einhaltung dieser Anforderungen der LAGA für den Betonausgangsstoff. Zur Einhaltung des deutschen Schutzniveaus sollte beim Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz überprüft werden. Die Eluatwerte der mineralischen Stoffe sollten die Z2-Werte der jeweiligen abfallspezifischen technischen Regel der LAGA einhalten. Zur Zeit wird eine Verordnung des Bundes auf Grundlage der LAGA-Mitteilung 20 diskutiert. Diese würde dann eine größere Verbindlichkeit der festgelegten Werte mit sich bringen. Die europäische Norm für Gesteinskörnung DIN EN 12620 empfiehlt ebenfalls, bestimmte industriell hergestellte Gesteinskörnungen sorgfältig zu prüfen [59].

Weiterhin besteht Untersuchungsbedarf, ob Beton, der mit industriell hergestellten Gesteinskörnungen hergestellt wurde, die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser einhält, auch wenn die Gesteinskörnung die Zuordnungswerte der LAGA-Mitteilung 20 einhält.

Das Leitpapier H verweist bei der Berücksichtigung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen auch auf die Möglichkeit den Gehalt zu beschränken, wenn eine klare Beziehung zwischen dem Gehalt und der Freisetzung im eingebauten Zustand besteht. Beim Einsatz von industriell hergestellten Gesteinskörnungen könnte die Korrelation zwischen Gehalt und Freisetzung von Schwermetallen durch Langzeitstandtests überprüft werden, um somit den Prüfaufwand für Auslaugtests zu reduzieren.

### **5.5.2 Schwere Gesteinskörnungen**

Die Eigenschaften von schweren Gesteinskörnungen mit einer Kornrohdichte  $> 3.000 \text{ kg/m}^3$  werden wie die normalen Gesteinskörnungen in DIN EN 12620 festgelegt [59]. Schwere Gesteinskörnungen finden hauptsächlich bei der Herstellung von Strahlschutzbeton oder Ballastbeton Verwendung. Eingesetzte natürliche Schwerzuschläge sind z.B. Baryt, Ilmenit, Magnetit, Hämatit, Ferrosilizium, Ferrophosphor und Limonit. Beispiele für industriell hergestellte schwere Gesteinskörnungen sind Schwermetallschlacken, Eisengranulat und Stahlsand [26].

Nach Aussage der IBAC-Studie liegen nur wenige Daten zum Schwermetallgehalt und keine zum Auslaugverhalten von schweren Gesteinskörnungen vor [26].

---

<sup>14</sup> Die LAGA TR 20 wurden im Bereich der Bauabfallentsorgung bisher in Bayern, Brandenburg, Hamburg, Niedersachsen, Saarland und Schleswig-Holstein eingeführt. Weiterhin werden die TR 20 in einigen Ländern ohne offizielle Einführung angewandt (Stand 1999) [71].

## Handlungsempfehlungen für Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus schweren Gesteinskörnungen

Aufgrund fehlender Daten zum Auslaugverhalten von schweren Gesteinskörnungen kann keine Aussage zur Umweltverträglichkeit getroffen werden. Für eine Bewertung der Umweltverträglichkeit sind Untersuchungen zum Auslaugungsverhalten notwendig.

### **5.5.3 Leichte Gesteinskörnungen**

Die Eigenschaften von leichten Gesteinskörnungen mit einer Kornrohdichte  $< 2.000 \text{ kg/m}^3$  werden durch DIN EN 13055-1 festgelegt [60]. Als natürliche leichte Gesteinskörnungen finden hauptsächlich Einsatz:

- Naturbims
- Tuff
- Lavaschlacke

Beispiele für industriell hergestellte leichte Gesteinskörnungen sind:

- Hüttenbims (Hochofenschaumschlacke)
  - Kesselsand
- Kesselsand wird durch die mechanische Aufbereitung aus Kesselasche hergestellt. Kesselasche entsteht bei der Verbrennung von Kohle in Trockenfeuerungen durch Agglomeration und Sinterung des staubfeinen, mineralischen Begleitsteins der Kohle im Feuerraum. Kesselasche besitzt in etwa die gleiche Zusammensetzung wie Flugasche. Aufgrund der größeren Korngröße wird die Asche im Unterschied zur Flugasche jedoch als leichter Betonzuschlag eingesetzt.
- Ziegelsplitt aus ungebrauchten Ziegeln
  - Blähton
  - Blähzschiefer
  - Blähglas (wird häufig aus Altglas hergestellt)
  - Blähperlit
  - Blähglimmer (Vermiculit)

Leichte industriell hergestellte Gesteinskörnungen werden oft aus natürlichen Materialien ohne Zusatz von Additiven hergestellt [26].

Der Leichtzuschlag Kesselsand (Asche aus thermischen Prozessen) wird nach dem Europäischen Abfallverzeichnis als Abfall und bei der Abfallmitverbrennung von Sonderabfällen als gefährlicher Abfall aufgeführt<sup>15</sup> [67]. Ob und welche der industriell hergestellten Gesteinskörnungen als Abfall eingestuft werden, befindet sich derzeit noch in der Diskussion.

In Deutschland regelt die Anwendungsnorm DIN V 20000-103 (Manuskript), welche leichten Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1 in Deutschland verwendet werden dürfen. Diese nennt die oben angeführten natürlichen und industriell hergestellten leichten Gesteinskörnungen [72]. Für alle anderen leichten Gesteinskörnungen ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung notwendig [13].

---

<sup>15</sup> Bei der Einstufung als Abfall ist zu beachten, dass die Definition nach Art. 1 a) der Abfallrahmenrichtlinie 75/442/EWG zu erfüllen ist, wonach Abfälle alle Stoffe oder Gegenstände sind, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss [70].

### **Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus leichten Gesteinskörnungen**

Die Schwermetallgehalte bei leichten Gesteinskörnungen sind mit den Gehalten von normalen natürlichen Gesteinskörnungen vergleichbar, da diese in der Regel aus natürlichen Gesteinskörnungen bestehen, die künstlich aufgeblättert werden. Eine Ausnahme bildet der Cadmiumgehalt bei Blähton. Hier wurden im Gegensatz zu natürlichen Gesteinskörnungen erhöhte Gehalte festgestellt. Eine Übersicht über die Schwermetallgehalte von Leichtzuschlägen zeigt im Anhang A9.

Im Rahmen des IBAC-Forschungsvorhabens konnten nur Ergebnisse von Schütteltests für die Auslaugung von Schwermetallen bei Blähton und Mauerziegel ausgewertet werden. Bei dem Schütteltest für Mauerziegel wurden die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser für Arsen, Blei, Cadmium, Chrom und Quecksilber überschritten. Für die Bewertung der Auslaugung anhand eines Langzeitstandtests existierten keine Untersuchungen [26].

#### **Handlungsempfehlungen für Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus leichten Gesteinskörnungen**

Beim Einsatz von mineralischen Abfällen wie Kesselsand (Steinkohlengrobasche) sollten die Z2-Zuordnungswerte (Eluat) der jeweiligen abfallspezifischen technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) an der Originalsubstanz eingehalten werden [27]. Für die derzeit diskutierte Verordnung auf Grundlage der LAGA-Mitteilung 20 sollten für den Einsatz von Abfällen in Bauprodukten auch Werte für den Feststoff festgelegt werden. Diese Werte sollten dann ebenfalls berücksichtigt werden. Falls bei der Herstellung von Blähglas Altglas eingesetzt wird, sollte umweltbedenkliches Altglas, wie z.B. Bleiglas, ausgeschlossen werden.

Zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit der leichten Gesteinskörnungen liegen nur wenige Ergebnisse von Schütteltests vor. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf zur Auslaugung anhand von Schütteltests und ggf. Standtests. Die Testergebnisse sollten anhand der Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser beurteilt werden.

### **Freisetzung von organischen Stoffen aus leichten Gesteinskörnungen**

Da industriell hergestellte leichte Gesteinskörnungen in der Regel bei hohen Temperaturen produziert werden, ist nach Aussage des IBAC-Forschungsvorhabens mit keiner Freisetzung von organischen Stoffen zu rechnen [26].

### 5.5.4 Rezyklierte Gesteinskörnungen

Rezyklierte Gesteinskörnungen bestehen nach der Definition von DIN EN 12620 aus aufbereitetem anorganischem Material, das zuvor als Baustoff eingesetzt wurde [59].

Einzelne Materialien, die als rezyklierte Gesteinskörnungen eingesetzt werden, werden nach dem Europäischen Abfallverzeichnis als Abfall<sup>16</sup> aufgeführt [67]. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die im Europäischen Abfallverzeichnis aufgeführten Abfälle, die als rezyklierte Gesteinskörnungen eingesetzt werden können.

*Tab. 16: Abfallcode für Abfälle nach dem Europäischen Abfallverzeichnis, die als rezyklierte Gesteinskörnungen eingesetzt werden können [67]*

Gesteinskörnung	Abfallcode	Abfallarten
Rezyklierte Gesteinskörnungen	10 13 14	Betonabfälle und Betonschlämme aus der Herstellung von Zement, Branntkalk, Gips und Erzeugnissen aus diesen
	17 01 01	Beton aus Bau- und Abbruchabfällen
	17 01 02	Ziegel aus Bau- und Abbruchabfällen
	17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik aus Bau- und Abbruchabfällen
	17 01 07	Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen

Beim Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen zur Herstellung von Beton und Mörtel handelt es sich nach dem in Deutschland geltenden Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) um eine Verwertung von Abfall, an die bestimmte Anforderungen gestellt werden. So darf es nach § 5 Absatz 3 KrW-/AbfG bei der Verwertung von Abfällen zu keiner Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit kommen, insbesondere nicht zu einer Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf [19]. Dies bedeutet, dass schon an den Ausgangsstoff "Rezyklierte Gesteinskörnungen" Anforderungen an den Gehalt und die Auslaugung von Schadstoffen zu stellen sind. Diese Anforderungen finden sich in der nationalen Norm für rezyklierte Gesteinskörnungen DIN 4226-100 [73]. Die nachfolgende Tabelle stellt die Grenzwerte der Norm DIN 4226-100 für rezyklierte Gesteinskörnungen dar. Die Grenzwerte entsprechen den Z2-Werten der LAGA-Mitteilung 20 für Bauschutt (Werte siehe Anhang A6) [27]. Als Auslaugungsverfahren gibt die Norm das modifizierte Verfahren des Schütteltests der LAGA-Mitteilung 20 vor [73].

16

Bei der Einstufung als Abfall ist zu beachten, dass die Definition nach Art. 1 a) der Abfallrahmenrichtlinie 75/442/EWG zu erfüllen ist, wonach Abfälle alle Stoffe oder Gegenstände sind, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss [70].

Tab. 17: Grenzwerte für rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN 4226-100 [73]

Eigenschaft	Höchstwerte	
<b>Eluat</b>		
pH-Wert	12,5 <sup>a</sup>	
Elektrische Leitfähigkeit	3.000	µS/cm <sup>a</sup>
Chlorid	150	mg/l
Sulfat	600	mg/l
Arsen	50	µg/l
Blei	100	µg/l
Cadmium	5	µg/l
Chrom, gesamt	100	µg/l
Kupfer	200	µg/l
Nickel	100	µg/l
Quecksilber	2	µg/l
Zink	400	µg/l
Phenolindex	100	µg/l
<b>Feststoff</b>		
Kohlenwasserstoffe (H18)	1.000	mg/kg <sup>b</sup>
PAK nach EPA	75	mg/kg
EOX	10	mg/kg
PCB	1	mg/kg

<sup>a</sup> Kein Ausschlusskriterium

<sup>b</sup> Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlusskriterium dar

Rezyklierte Gesteinskörnungen, die die Grenzwerte der DIN 4226-100 einhalten, werden nach der IBAC-Studie als umweltverträglich bewertet [26].

Rezyklierte Gesteinskörnungen, die nicht durch die Norm DIN 4226-100 erfasst werden, sind in Deutschland für bauaufsichtlich relevante Anwendungsbereiche zulassungspflichtig. Zur Bewertung der Umweltverträglichkeit sind hierbei von der Originalsubstanz im Schütteltest die Z2-Zuordnungswerte der LAGA-Mitteilung 20 für Bauschutt [27] einzuhalten. Weiterhin müssen die mit den Rezyklaten hergestellten Betonprüfkörper die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20] im Langzeitstandtest unterschreiten. Werden allerdings die Geringfügigkeitsschwellen von der Originalsubstanz schon im Schütteltest eingehalten, so kann auf den Langzeitstandtest verzichtet werden.

Die technischen Regeln der LAGA geben für Bauschutt neben den Zuordnungswerten weitere Anforderungen vor. So wird gefordert, dass bei Umbau, Sanierung oder Abbruch eines Bauwerks die Schadstoffbelastung des anfallenden Bauschuttes abzuschätzen ist. Aufgrund dieser Erkenntnisse ist festzulegen, ob außer den Z2-Werten für Bauschutt zusätzliche analytische Untersuchungen notwendig sind. Bauschutt mit schädlichen Verunreinigungen muss in geeigneten Behandlungsanlagen gereinigt

werden. Weiterhin wird der Fremdkörperanteil an nichtmineralischen Anteilen auf 5 Vol.-% eingeschränkt. Bauschutt mit einem höheren Fremdkörperanteil darf in dieser Zusammensetzung nicht verwertet werden [27]. Die Norm DIN 4226-100 gibt einen Fremdkörperanteil an nichtmineralischen Stoffen je nach Gesteinskörnungstyp zwischen 0,2 und 1 M.-% an [73].

Neben der deutschen Norm für rezyklierte Gesteinskörnungen [73] gibt auch der Niederländische Baustoffbeschluss [25] Grenzwerte für steinige Materialien vor, die für die Bewertung der Umweltverträglichkeit von rezyklierten Gesteinskörnungen herangezogen werden können. Der Anhang 2 des Niederländischen Baustoffbeschlusses listet Grenzwerte für den Gehalt und die Immission von Schadstoffen in steinigen Materialien auf. Die Immissionswerte errechnen sich aus den durch ein Eluatverfahren ermittelten Emissionswerten, die in den Immissionswert umgerechnet werden [25] (siehe auch Kap. 5.3.3)

#### Handlungsempfehlungen für Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus rezyklierten Gesteinskörnungen

Der Herkunftsreich der rezyklierten Gesteinskörnungen sollte gekennzeichnet werden. Der Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen aus Altlastenverdachtsflächen sollte in den harmonisierten Produktnormen ausgeschlossen werden. Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Flächen ohne Altlastenverdacht sollten auf die Auslaugung von anorganischen und organischen Parameter untersucht werden. Die zu untersuchenden Parameter sollten sich an den technischen Regeln der LAGA für Bauschutt (Z2-Werte) [27], der DIN 4226-100 für rezyklierte Gesteinskörnungen [73] sowie dem Niederländischen Baustoffbeschluss [25] orientieren.

Zum Ausschluss von schädlichen Verunreinigungen sollte der Fremdkörperanteil an nichtmineralischen Stoffen festgelegt werden. Vorgaben finden sich hier ebenfalls in den technischen Regeln der LAGA für Bauschutt [27] und in der DIN 4226-100 [73].

Weiterhin besteht Untersuchungsbedarf darüber, ob rezyklierte Gesteinskörnungen, die die Eluatwerte nach DIN 4226-100 im Schütteltest einhalten, auch die Geringfügigkeitsschwellen im Langzeitstandtest mit Betonprüfkörpern aus rezyklierten Gesteinskörnungen einhalten.

### 5.5.5 Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Gesteinskörnungen

Die nachfolgende Tabelle fasst die im vorherigen Kapitel dargestellten Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit von Gesteinskörnungen sowie die Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen zusammen.

Tab. 18: *Übersicht der Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Gesteinskörnungen*

Harmonisierte Produktnorm	Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen	Handlungsempfehlungen
<b>M 125: Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen)</b>		
DIN EN 12620	<u>Natürliche Gesteinskörnungen</u>	Generelle Diskussion notwendig, ob an natürliche Gesteine zusätzliche Anforderungen für die Auslaugung von Schwermetallen zu stellen sind.
DIN EN 13055-1	<u>Unterschiedliche Aussagen zum Schwermetallgehalt von natürlichen Gesteinen im Vergleich mit unbelastetem Boden und der Lithosphäre</u>  <u>Industriell hergestellte (künstliche) Gesteinskörnungen:</u> Erhöhte Gehalte an Schwermetallen möglich. Schütteltests nach DIN 38414-S4 zeigten, dass die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts eingehalten werden. Aussagen für Chromat und Cadmium waren nicht möglich. Keine Ergebnisse von Langzeitstandtests für Betonprüfkörper mit den eingesetzten Schlacken.	Beim Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen sollte der Gehalt und die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz geprüft werden. Der Parameterumfang sollte sich an den Z2-Werten der jeweiligen abfallspezifischen Regelungen der LAGA [27] orientieren. Untersuchungsbedarf, ob auch der mit industriell hergestellten Gesteinskörnungen hergestellte Beton die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20] einhält. Untersuchungsbedarf, ob die Bestimmung des Gehalts ausreicht, wenn vom Gehalt auf die Freisetzung geschlossen werden kann.
	<u>Schwere Gesteinskörnungen:</u> Schwermetallgehalte im Vergleich zu normalen und leichten Gesteinskörnungen sehr hoch. Ergebnisse von Auslaugversuchen lagen nicht vor.	Weitergehende Betrachtung der Umweltverträglichkeit durch Auslaugversuche notwendig.

Harmonisierte Produktnorm	Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen	Handlungsempfehlungen
<b>M 125: Zuschlagstoffe (Gesteinskörnungen)</b>		
DIN EN 12620 DIN EN 13055-1	<p><u>Leichte Gesteinskörnungen:</u></p> <p>Bei Schütteltests nach DIN 38414-S4 für Mauerziegel und Blähton wurden von einer Reihe von Schwermetallen die Geringfügigkeitsschwellen nach DIBt-Merkblatt [20] überschritten. Keine Untersuchungen der Auslaugung anhand von Langzeitstandtests.</p>	<p>Beim Einsatz von mineralischen Abfällen wie Kesselsand (Steinkohlengrob- asche) sollten die Z2-Zuordnungswerte der jeweiligen abfallspezifischen technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [27] an der Originalsubstanz (Feststoff und Eluat) eingehalten werden.</p> <p>Weiterer Untersuchungsbedarf, da nur wenige Ergebnisse von Auslaugungstests vorliegen. Die Testergebnisse sollten anhand der Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts [20] bewertet werden.</p> <p>Beim Einsatz von Altglas sollte umweltbedenkliches Altglas wie z.B. Bleiglas ausgeschlossen werden.</p>
	<p><u>Rezyklierte Gesteinskörnungen:</u></p>	<p>Kennzeichnung des Herkunftsberreiches der rezyklierten Gesteinskörnungen. Der Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen aus Altlastenverdachtsflächen sollte ausgeschlossen werden.</p> <p>Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Flächen ohne Altlastenverdacht sollten auf die Auslaugung von anorganischen und organischen Parametern untersucht werden. Die zu untersuchenden Parameter sollten sich an den technischen Regeln der LAGA für Bauschutt (Z2-Werte) [27], der DIN 4226-100 für rezyklierte Gesteinskörnungen [73] sowie dem Niederländischen Baustoffchluss [25] orientieren.</p> <p>Der Fremdkörperanteil an nichtmineralischen Stoffen sollte festgelegt werden. Vorgaben in den technischen Regeln der LAGA für Bauschutt [27] und in der DIN 4226-100 [73].</p> <p>Untersuchungsbedarf, ob rezyklierte Gesteinskörnungen, die die Eluatwerte nach DIN 4226-100 im Schütteltest einhalten, auch die Geringfügigkeitsschwellen im Langzeitstandtest mit Betonprüfkörpern aus rezyklierten Gesteinskörnungen einhalten.</p>

## 5.6 Mandat 128 – Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel

Das Mandat 128 nennt die in der folgenden Tabelle dargestellten Bauproduktfamilien und gibt Beispiele für die eingesetzten Materialien an.

Tab. 19: M 128: Produktfamilien und Beispiele für eingesetzte Materialien [74]

Bauproduktfamilie	Eingesetzte Materialien
Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	Chemikalien
Zusatzstoffe für Beton, Mörtel und Einpressmörtel (einschließlich Pigmente)	Gesteinsteile Silikastaub Flugasche Gemahlene/gesinterte/pelletierte Hochofenschlacke Natürliche Puzzolanerde (z.B. Traß) Künstlich gewonnene Puzzolanerde (z.B. Metakaolin) Chemikalien/Puder
Fasern für Beton, Mörtel und Einpressmörtel	Anorganische/organische Fasern aus z.B. Kunststoff Glas Stahl Kohlenstoff Zellstoff einschließlich Ersatzfasern für Asbest
Oberflächenschutzsysteme für Betonbauteile und Betonersatzsysteme	Chemikalien Zement Zuschläge Zusatzmittel Zusatzstoffe Harze Polymere

Im Mandat M 128 wird für die Produktfamilie "Zusatzstoffe" explizit darauf hingewiesen, dass die Freisetzung von Radioaktivität in den zu erstellenden Normen zu beachten ist. Bei jeder Produktfamilie ist jedoch auch die Freisetzung weiterer gefährlicher Stoffe zu berücksichtigen, sobald sich Anhaltspunkte dazu ergeben. Der allgemeine Passus im Mandat verweist darauf, dass alle einschlägigen Rechtsvorschriften für gefährliche Stoffe einzuhalten sind [74]. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden nur Zusatzmittel und Zusatzstoffe für Beton betrachtet.

### Europäische harmonisierte Produktnormen nach Mandat 128

Im folgenden werden die harmonisierten europäischen Produktnormen für Zusatzstoffe und Zusatzmittel aufgelistet, die bei der Überarbeitung mit Gesundheits- und Umweltkriterien ergänzt werden sollen.

Tab. 20: Harmonisierte europäische Produktnormen für Betonzusatzstoffe und -zusatzmittel

Nr.	Titel	Ausgabe: Stand 01/2004
DIN EN 12878 (Entwurf)	Pigmente zum Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen — Anforderungen und Prüfungen	Dezember 2003
DIN EN 13263-1 (Entwurf)	Silikastaub für Beton - Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien	Oktober 2002
DIN EN 450-1 (Entwurf)	Flugasche für Beton – Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien	März 2002
DIN EN 934-2	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel - Teil 2: Betonzusatzmittel; Definitionen und Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung	Februar 2002

Die europäischen Produktnormen für Pigmente, Silikastaub und Zusatzmittel enthalten in Bezug auf die Freisetzung von gefährlichen Stoffen nur den allgemeinen Hinweis im Anhang Z, dass nationale Regelungen zu gefährlichen Stoffen einzuhalten sind.

Der derzeit vorliegende Entwurf zur Flugaschennorm DIN EN 450-1 vom Juli 2003 trifft zusätzlich Aussagen zur Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen in den Kraftwerken. Er gibt eine Liste mit Sekundärbrennstoffen (Biomasse, Holz und veredelte Biomasse, Tiermehl, Klär- und Papierschlamm, Petrolkoks und aschenfreie flüssige und gasförmige Brennstoffe) vor, die in Kraftwerken mitverbrannt werden können. Weiterhin regelt der Normentwurf, dass der verfeuerte Brennstoff zu mindestens 80 % aus Kohle bestehen muss und der maximale Aschenanteil des Sekundärbrennstoffes nicht höher als 10 M.-% bezogen auf die Gesamtasche betragen darf [75].

Die harmonisierte europäische Norm für Betonzusatzmittel DIN EN 934-2 stellt keine Anforderungen an die Freisetzung von gefährlichen Stoffen. Lediglich Anhang ZA enthält Hinweise, dass für gefährliche Stoffe in allen Betonzusatzmitteln die am Verwendungsort gültigen Bestimmungen einzuhalten sind [76]. Vor der Verabschiedung der harmonisierten Norm bedurften Betonzusatzmittel in Deutschland einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt). Nach Ablauf der Übergangsfrist können seit dem 1. Mai 2003 Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 mit einer CE-Kennzeichnung in Deutschland in Verkehr gebracht werden. Verwendet werden dürfen die Produkte allerdings nur, wenn die Anforderungen der Restnorm DIN V 18998 zur Beurteilung des Korrosionsverhaltens [77] und die Anwendungsnorm DIN V 20000-100 [78] eingehalten werden. Zur Beurteilung des Korrosionsverhaltens von Zusatzmitteln wurde im November 2002 eine Restnorm veröffentlicht, die für Stahl- und Spannbeton sowie für Beton mit eingebettetem Stahl u.a. nur für Zusatzmittel gilt, deren Bestandteile in einer Liste im Anhang enthalten sind. Bei den aufgelisteten Stoffen handelt es sich um Bestandteile von Betonzusatzmitteln, die bisher in Deutschland zugelassen wurden und bei denen erfahrungsgemäß keine Spannungsrißkorrosion zu erwarten ist. Betonzusatzmittel, die nicht in der europäischen Norm DIN EN 934-2 bzw. der Restnorm DIN V 18998 enthalten sind, z.B. Chromat reduzierer, Recyclinghilfen für Waschwasser und Schaumbildner, bedürfen zur Verwendung in Deutschland auch weiterhin einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) oder einer europäischen technischen Zulassung (ETA).

## 5.6.1 Zusatzstoffe - Allgemeines

Die europäische Betonnorm DIN EN 206-1 definiert Betonzusatzstoffe als fein verteilte Stoffe, die im Beton verwendet werden, um bestimmte Eigenschaften zu verbessern oder bestimmte Eigenschaften zu erreichen. Sie unterscheidet bei den anorganischen Zusatzstoffen zwischen [22]:

- nahezu inaktiven Zusatzstoffen vom Typ I (Gesteinsmehl nach DIN EN 12620 [59], Pigmente nach DIN EN 12878 (Entwurf) [79]) und
- puzzolanischen oder latenthalydraulischen Zusatzstoffen nach Typ II (Flugasche nach DIN EN 450-1 (Entwurf) [75], Silikastaub nach DIN EN 13263 (Entwurf) [80].

### 5.6.1.1 Gesteinsmehl (Füller)

Als Gesteinsmehl (Füller) werden nach DIN EN 12620 Gesteinskörnungen bezeichnet, deren überwiegender Teil durch das 0,063 mm Sieb hindurchgeht und die Baustoffen zur Erreichung bestimmter Eigenschaften zugegeben werden [59]. In Deutschland eingesetztes Gesteinsmehl besteht aus Quarz oder Kalkstein. Es verbessert die Verarbeitbarkeit und den Zusammenhalt von Betonen aus feinteilarmen Sanden durch die Erhöhung des Mehlkorngehalts.

Die Schwermetallgehalte von Gesteinsmehl sind mit den Gehalten von Sand und Kies bzw. Kalkstein vergleichbar. Aufgrund der geringen Gesamtgehalte kann davon ausgegangen werden, dass keine Gefahr für die Umwelt besteht. Bei der Einlagerung von Erzen im Kalkstein wurden in Einzelfällen jedoch hohe Gehalte an einzelnen Schwermetallen gemessen. Bei entsprechenden Hinweisen sollten nach Aussage der IBAC-Studie Auslaugversuche durchgeführt werden [26].

#### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Gesteinsmehl

Beim Einsatz von Gesteinsmehl aus Quarz oder Kalkstein ist von keiner Gefährdung der Umwelt auszugehen. Bei Hinweisen auf eine Einlagerung von Erzen im Kalkstein sollten Auslaugversuche durchgeführt werden.

### 5.6.1.2 Pigmente

Nach dem Entwurf der europäischen Norm DIN EN 12878 sind Pigmente Stoffe in Form feiner Teilchen, die im Anwendungsmedium praktisch unlöslich sind und die ausschließlich dem Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen dienen. Hauptbestandteile der Pigmente sind üblicherweise [79]:

- Eisenoxide und –hydroxide
- Chrom-, Titan- und Manganoxide
- komplexe anorganische Oxide und Hydroxide z.B. Kombinationen obiger Oxide und Hydroxide mit Kobalt-, Nickeloxiden und –hydroxiden
- Ultramarine
- Phthalocyaninblau und –grün
- Kohlenstoff (anorganisch)

Neben den Hauptbestandteilen können in den Pigmenten bis zu 5 % (bezogen auf den Feststoff) Dispergierhilfen, Bindemittel und/oder Mahlhilfen enthalten sein [79].

Nach Aussage des IBAC-Forschungsvorhabens sind für den Einsatz in Beton nur anorganische Pigmente geeignet, obwohl die europäische Norm auch den Einsatz von organischen Pigmenten erlaubt. Die eingesetzten Pigmente bestehen oft aus Schwermetallen, die jedoch in oxidisch gebundener Form oder anderen stabilen Verbindungen vorliegen, weshalb nicht mit ihrer Mobilisierung zu rechnen ist. Weiterhin ist bereits bei der Eignungsprüfung der Pigmente die Stabilität im alkalischen Milieu nachzuweisen. Aufgrund der dargestellten Gründe stuft die IBAC-Studie die anorganischen Farbpigmente als unbedenklich ein [26]. Es liegen allerdings keine Ergebnisse von Auslaugtests vor.

#### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen

Beim Einsatz von anorganischen Pigmenten nach DIN EN 12878 (Entwurf) ist nach Aussage des IBAC-Forschungsberichts nicht mit einer Gefährdung der Umwelt zu rechnen. Dies sollte allerdings noch anhand von Auslaugversuchen bestätigt werden, vor allem für organische Pigmente, die im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht beurteilt wurden.

#### **5.6.1.3 Flugasche**

Der europäische Entwurf der DIN EN 450-1 definiert Flugasche als kleinkörnigen, hauptsächlich aus kugelförmigen, glasigen Partikeln bestehenden Staub, der bei der Verbrennung von feingemahlener Kohle mit oder ohne Mitverbrennungsstoffe anfällt. Flugasche wird durch elektrostatische oder mechanische Abscheidung staubartiger Partikel aus Rauchgasen von Feuerungsanlagen gewonnen. Sie besteht im Wesentlichen aus Siliciumdioxid und Aluminiumoxid und weist puzzolanische Eigenschaften auf. Durch Mischen, Mahlen, Sieben oder Trocknen von verschiedenen Flugaschen kann in geeigneten Produktionsanlagen behandelte Flugasche hergestellt werden. Wenn eine oder mehrere Flugaschen aus Verbrennungsprozessen mit Sekundärbrennstoffen bestehen, wird die behandelte Flugasche als Flugasche aus Mitverbrennungsprozessen eingestuft. DIN EN 450-1 (Entwurf) gilt nicht für Flugaschen aus Hausmüll- oder Gewerbemüllverbrennungsanlagen [75].

Flugasche wird nach dem Europäischen Abfallverzeichnis als Abfall und zum Teil als gefährlicher Abfall aufgeführt<sup>17</sup> [67].

---

<sup>17</sup> Bei der Einstufung als Abfall ist zu beachten, dass die Definition nach Art. 1 a) der Abfallrahmenrichtlinie 75/442/EWG zu erfüllen ist, wonach Abfälle alle Stoffe oder Gegenstände sind, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss [70].

Tab. 21: Abfallcodes für Flugasche nach dem Europäischem Abfallverzeichnis [67]

	Abfallcode	Abfallarten
Flugasche	10 01 02	Filterstäube aus Kohlefeuerung
	10 01 16*	Filterstäube aus der Abfallmitverbrennung (aus Kraftwerken), die gefährliche Stoffe enthalten (Einstufung als gefährlicher Abfall)
	10 01 17	Filterstäube aus der Abfallmitverbrennung (aus Kraftwerken), mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 16 fallen.

Als Zement- oder Betonzusatzstoff ist in Deutschland nur die Steinkohlenflugasche von Bedeutung. Sie reagiert aufgrund ihrer puzzolanischen Eigenschaft mit Zement und bildet hydraulische Erhärtungsprodukte. Durch den Einsatz, der bis zu 20 % des Zements betragen kann, reduziert sich der Wasserbedarf.

Den Einsatz von Flugasche in Zement und Beton regeln die Normen DIN EN 450-1 (Entwurf) [75], DIN EN 197-1 [43] und DIN EN 206-1 [22].

In Deutschland werden jährlich etwa 3 Mio. Tonnen Flugasche als Betonzusatzstoff eingesetzt. Dies entspricht etwa 50 % der in Europa verwendeten Gesamtmenge [81].

#### 5.6.1.3.1 Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Flugasche

##### Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus Flugasche ohne Mitverbrennung

Durch den Verbrennungsprozess im Kraftwerk können sich Schwermetalle aus dem verwendeten Brennstoff in der Flugasche anreichern. Der Gehalt an Schwermetallen wie Antimon, Arsen, Barium, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Nickel, Kupfer, Selen, Vanadium und Zink ist im Gegensatz zu anderen Betonausgangsstoffen zum Teil deutlich erhöht und hängt im wesentlichen von dem verwendeten Brennstoff ab. Eine Übersicht der durchschnittlichen Schwermetallgehalte von Steinkohlenflugasche findet sich im Anhang A9. Allerdings ist der Gehalt nicht ausschlaggebend für die freigesetzten Mengen, da die Schwermetalle hauptsächlich in Oxiden gebunden oder in die glasige Matrix der Aschenpartikel eingebunden sind. Potentiell freisetzbar sind nur Oberflächenverbindungen, die in leicht löslicher Form vorliegen oder Verbindungen, die im alkalischen Milieu des Zementsteins mobilisierbar sind [26].

Im Rahmen des IBAC-Forschungsvorhabens wurden vorhandene Untersuchungen zur Freisetzung von Schwermetallen ausgewertet.

Durchgeführte Schütteltests nach DIN 38414-S4 [29] direkt mit Flugasche zeigten, dass eine Reihe von Schwermetallen (Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Selen, Zinn) die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser zum Teil deutlich überschritten [26]. Ein Vergleich mit den Z2-Zuordnungswerten (Eluat) der LAGA-Mitteilung 20 für Flugasche [27] ergab, dass einige der untersuchten Steinkohlenflugaschen die Werte für Arsen und Chrom überschritten. Eine Überschreitung ist hierbei nicht zulässig, da die Originalsubstanz die Z2-Werte der LAGA-Mitteilung 20 für Flugasche einhalten muss.

Weiterhin wurden Schütteltests nach DIN 38414-S4 ausgewertet, die für Mörtel mit und ohne Zusatz von Flugasche durchgeführt wurden. Hier zeigte sich, dass die Auslaugung von Schwermetallen bei Mörtel mit Flugasche nur geringfügig gegenüber Mörtel ohne Flugasche erhöht ist. Allerdings wurden von beiden Mörteln (mit und ohne Flugasche) einzelne Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser (Blei, Chromat und Kupfer) überschritten. Für Cadmium und Quecksilber lagen die Nachweisgrenzen zu hoch, so dass hier keine Bewertung vorgenommen werden konnte.

Durchgeführte Langzeitstandtests bei Mörtel und Beton (mit und ohne Zusatz von Flugasche) bestätigten dieses Ergebnis. Bei Mörtel und Beton mit Flugasche kam es zu keiner wesentlich höheren Auslaugung von Schwermetallen als bei Mörtel und Beton ohne Flugasche. Bei Kupfer und Zink konnte sogar eine geringere Auslaugung bei Beton mit Zusatz von Flugasche gegenüber Beton ohne Flugasche beobachtet werden. Dies kann auf die gefügeverdichtende Eigenschaft von Flugasche zurückgeführt werden. Bei den Langzeitstandtests wurden die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts für Betonausgangsstoffe eingehalten.

#### Handlungsempfehlungen für Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen aus Flugasche ohne Mitverbrennung

Flugasche aus der Kohlefeuerung wird im Europäischen Abfallverzeichnis als Abfall aufgeführt [67]. Beim Einsatz von Flugasche aus der Kohlefeuerung zur Herstellung von Beton und Mörtel handelt es sich nach dem in Deutschland geltenden Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) um eine Verwertung von Abfall, an die bestimmte Anforderungen gestellt werden. So darf es nach § 5 Absatz 3 KrW-/AbfG bei der Verwertung von Abfällen zu keiner Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit kommen, insbesondere nicht zu einer Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf [19]. Das Wohl der Allgemeinheit ist nicht beeinträchtigt, wenn die Abfälle schadlos und ordnungsgemäß verwertet werden. Eine ordnungsgemäße Verwertung erfolgt, wenn die Vorschriften des öffentlichen Rechts (z.B. Wasser- und Bodenschutzrecht) eingehalten werden. Die schadlose Verwertung wird durch untergesetzliche Regelungen des KrW-/AbfG konkretisiert und muss mit den Anforderungen an die Verwertung aus anderen Rechtsbereichen abgestimmt werden.

Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, zu denen auch Flugasche aus der Kohlefeuerung zählt, gibt die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [27] vor. Diese technischen Regeln führen einzelne Bundesländer ein. Sie sind damit in diesen Ländern rechtsverbindlich. Um eine schadlose Verwertung zu gewährleisten, muss die Steinkohlenflugasche im Eluat mindestens die Zuordnungswerte Z2 dieser technischen Richtlinien für Flugasche einhalten. Im Rahmen der derzeit diskutierten Verordnung des Bundes auf Grundlage der LAGA-Mitteilung 20 sollten für den Einsatz von Abfällen in Bauprodukten auch Werte für den Feststoff festgelegt werden. Diese Werte sollten dann ebenfalls berücksichtigt werden.

Ebenso ist der Vorsorgegrundsatz nach § 1a des Wasserhaushaltsgesetzes [18] einzuhalten. Eine Konkretisierung dieses Grundsatzes findet sich in dem von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) verabschiedeten GAP-Papier "Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz" [39]. Derzeit erarbeitet die LAWA Geringfügigkeitsschwellen, die nach der Zustimmung der Veröffentlichung durch die Konferenz der Staatssekretäre und Staatsräte (Amtschefkonferenz - ACK) oder durch die Verabschiedung in der Fachkonferenz der Umweltministerinnen und -minister des Bundes und der Länder (Umweltministerkonferenz) durch das Merkblatt Boden/Grundwasser übernommen werden.

Im Zulassungsbereich orientiert sich das DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser an den Festlegungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. Die zuzulassende Flugasche muss im Schütteltest die Zuordnungswerte Z2 im Eluat der LAGA-Mitteilung 20 für Flugasche einhalten. Weiterhin muss der Betonprobenkörper (hergestellt mit der zu untersuchenden Flugasche) im Langzeitstandtest die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser einhalten.

Zur Einhaltung des deutschen Schutzniveaus sollten beim Einsatz von Steinkohleflugasche als Zement- oder Betonzusatzstoff die Z2-Zuordnungswerte (Eluat) der LAGA-Mitteilung 20 [27] an der Originalsubstanz eingehalten werden.

### **Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Flugasche mit Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen**

Neben Kohle als Brennstoff werden in Kraftwerken auch Ersatzbrennstoffe eingesetzt. Im Rahmen eines vom CEN/TC 104 "Concrete" vergebenen Forschungsvorhabens wurde eine Studie zur europäischen Situation von Flugaschen, die unter Einsatz von Sekundärbrennstoffen hergestellt werden, erstellt [82]. Die Studie gibt einen Überblick über die eingesetzten Sekundärbrennstoffe und stellt die Erfahrungen der Mitgliedstaaten zur Mitverbrennung bei Flugaschen dar. Zu den einzelnen Sekundärbrennstoffen werden auch Daten zur Auslaugung von Schwermetallen aus der Originalsubstanz Flugasche mit Mitverbrennung und Daten zur Auslaugung von Schwermetallen aus Betonprüfkörpern, die aus Flugasche mit Mitverbrennung hergestellt wurden, aufgelistet.

Als Sekundärbrennstoffe werden laut Studie in europäischen Kraftwerken eingesetzt [82]:

- Biomasse (Hackspäne, Stroh, Olivenschalen, Kakaoschalen und andere pflanzliche Fasern)
- Holz und veredelte Biomasse (Abbruchholz, Kaffeesatz, Hühnermist)
- Tiermehl
- Klärschlamm
- Papierschlamm
- Petrolkoks
- aschenfreie flüssige und gasförmige Brennstoffe

In den Niederlanden wurden umfangreiche Untersuchungen zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen wie Klärschlamm, Papierschlamm, Abbruchholz und Petrolkoks bei der Erzeugung von Flugaschen durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurde ein Verfahren entwickelt, um die Konformität der Flugasche mit Mitverbrennung nach EN 450 zu bescheinigen. Dieses Verfahren ist Bestandteil der holländischen Normen (CUR Recommendation 94, 2003). Wenn eine Flugasche die Vorgaben des Konformitätsverfahrens erfüllt, kann diese als reguläre Flugasche verkauft werden.

In Deutschland ist bei genormter Flugasche nach DIN EN 450 die Mitverbrennung von Klärschlamm (max. 5 M.-%) in Kraftwerken erlaubt. Untersuchungen haben gezeigt, dass hierbei keine signifikanten Veränderungen der technologischen Eigenschaften und des Auslaugverhaltens der Flugasche zu erwarten sind. Diese Flugasche wurde 1996 in die Bauregelliste, Teil A aufgenommen. Wenn beim Einsatz von maximal 5 M. % Klärschlamm die Anforderungen nach DIN EN 450 erfüllt werden sowie die für Klärschlamm vorgegebenen Grenzwerte für Schwermetalle <sup>18</sup> eingehalten werden, kann diese Flugasche nach DIN EN 450 zertifiziert werden [13]. Flugaschen, die von der Norm abweichen, benötigen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Bei zuge-

---

18 Blei: 900 mg/kg TS, Cadmium: 10 mg/kg TS, Chrom: 900 mg/kg TS, Kupfer: 800 mg/kg TS, Nickel: 200 mg/kg TS, Quecksilber: 8 mg/kg TS, Zink: 2.500 mg/kg TS [83]

lassenen Flugaschen ist die Mitverbrennung von bis zu 10 M.-% Petrolkoks möglich, eine Mitverbrennung weiterer Sekundärbrennstoffe wird bei der Beschränkung berücksichtigt. Für Nickel und Vanadium wird eine Gehaltsbeschränkung von 600 bzw. 1.500 mg/kg bezogen auf die Flugasche vorgegeben. Weiterhin sind für zugelassene Flugaschen die Anforderungen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser einzuhalten.

In Dänemark wurde die Mitverbrennung von Stroh untersucht. Die Versuchsergebnisse konnten bisher noch nicht in nationale Regelungen umgesetzt werden. In Großbritannien wurden Untersuchungen zur Mitverbrennung von Petrolkoks durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen muss in Großbritannien von der Umweltbehörde (Environment Agency) und der für Gesundheit und Arbeitssicherheit zuständigen Behörde (Health & Safety Executive) zugelassen werden. Die Behörde entscheidet nach eigenem Ermessen, da keine Grenzwerte vorgegeben werden. In Finnland existieren Untersuchungen zum Sekundärbrennstoff Holz. Die Versuchsergebnisse wurden bisher nicht in nationale Regelungen umgesetzt. In Belgien liegt eine Norm für den Einsatz von Abfällen als Recyclingbaustoffe vor, die Anforderungen an den Feststoff und die Auslaugung von Schwermetallen enthält. Aus anderen Ländern wurden keine Daten zur Mitverbrennung geliefert.

Die Untersuchungen in den einzelnen Mitgliedstaaten zur Mitverbrennung bei der Erzeugung von Flugasche kamen zu folgenden Ergebnissen [82]:

- Biomasse, Klärschlamm  
Beim Einsatz von Biomasse und Klärschlamm zeigten sich keine signifikant erhöhten Schwermetallgehalte der Flugasche.
- Petrolkoks  
Beim Einsatz von Petrolkoks (10 – 20 M.-%) kam es in einzelnen Fällen zu erhöhten Gehalten von Nickel und Vanadium gegenüber Flugasche ohne Mitverbrennung. Schon bei einer Zufuhrung von 10 M.-% Petrolkoks kam es zu Vanadiumgehalten bis 2.320 mg/kg in der Gesamtasche.
- Papierschlamm, Stroh, Holz, Knochenmehl, Kakaoschalen, Hühnermist  
Der Einsatz von Papierschlamm (10 M.-%), Stroh (14 M.-%), Knochenmehl (2,7 M.-%), Hühnermist (3 M.-%) führte zu keinen erhöhten Schwermetallgehalten in der Flugasche.

#### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Flugasche Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen

Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen bei der Erzeugung von Flugasche sollte deklariert werden. Wie schon bei der Freisetzung von Schwermetallen bei Flugasche ohne Mitverbrennung dargestellt, sollte zur Einhaltung des deutschen Schutzniveaus beim Einsatz von Steinkohlenflugasche als Zement- oder Betonzusatzstoff die Auslaugung von Schwermetallen an der Originalsubstanz durch einen Auslaugversuch überprüft werden. Dabei sollte die Originalsubstanz die Z2-Zuordnungswerte (Eluat) der LAGA-Mitteilung 20 für Flugasche [27] einhalten.

Aufgrund der hohen Konzentrationen an Nickel und Vanadium, die bei der Mitverbrennung von Petrolkoks auftraten, sollte bei dieser Flugasche der Nickelgehalt auf 600 mg/kg und der Vanadiumgehalt auf 1.500 mg/kg beschränkt werden.

## **Freisetzung von organischen Stoffen aus Flugasche**

Nach Aussage des IBAC-Forschungsvorhabens liegen nur wenige Untersuchungen zur Auslaugung von organischen Stoffen vor. Die vorliegenden Daten von Schütteltests mit Steinkohleflugaschen deuten auf eine geringe Auslaugung hin. Die Geringfügigkeits-schwellen des DIBt- Merkblattes wurden bei diesen Schütteltests nur in einem Einzel-fall für Phenol überschritten [26].

### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von organischen Stoffen aus Flugasche

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist nicht von einer nennenswerten Auslaugung organischer Stoffe auszugehen. Allerdings existieren nur wenige Untersuchungen. Zur Schaffung einer breiteren Datenbasis sollten die organischen Parameter des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser untersucht werden.

### **5.6.1.4 Silikastaub**

Bei Silikastaub nach DIN EN 13263-1 (Entwurf) handelt es sich um fein verteiltes, amorphes Siliciumdioxid, das als Nebenprodukt des Schmelzprozesses zur Herstellung von Siliciummetall und Ferrosilicium-Legierungen gesammelt wird [80]. Silikastaub wird fast ausschließlich bei Hochleistungsbeton eingesetzt und ersetzt 4 – 8 % des Betons (bezogen auf Zement). Der Einsatz als Betonzusatzstoff ist seit Anfang der 70er Jahre aus den skandinavischen Ländern bekannt. Seit den 80er Jahren wird Silikastaub auch in Deutschland verwendet [84].

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen liegen bei Silikastaub im Durchschnitt weit niedriger als bei Portlandzement. Eine Übersicht der durchschnittlichen Schwermetall-gehalte bei Silikastaub findet sich im Anhang A9. Da die mobilisierbaren Anteile des Silikastaubs aufgrund seiner puzzolanen Eigenschaften fest in die Reaktionsprodukte des Betons eingebaut werden oder in der Porenlösung verbleiben, kommt es nach Aussage des IBAC-Forschungsberichts durch den Einsatz von Silikastaub eher zu ei-ner Reduzierung des Schwermetallgehalts von Beton [26].

### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen

Durch den Einsatz von Silikastaub als Betonzusatzstoff ist nicht mit einer Freisetzung von gefährlichen Stoffen zu rechnen.

## 5.6.2 Betonzusatzmittel

### 5.6.2.1 Allgemeines

Nach der europäischen Betonnorm DIN EN 206-1 sind Zusatzmittel Stoffe, die während des Mischvorgangs des Betons in kleinen Mengen zugegeben werden, um die Eigenschaften des Frisch- oder Festbetons zu verändern [22]. Die europäische Norm für Betonzusatzmittel DIN EN 934-2 definiert Zusatzmittel, die dafür geeignet sind. Die Gesamtmenge an zugegebenen Zusatzmitteln darf 5 M.-% (bezogen auf Zement) im Beton nicht überschreiten [76].

Zusatzmittel werden in 60 – 80 % des in Transportbetonmischwerken und auf der Baustelle hergestellten Betons und zu 100 % bei der Herstellung von Betonfertigteilen eingesetzt [84]. Einsatz finden schwerpunktmäßig Betonverflüssiger und Fließmittel [26].

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2 [76], deren Hauptinhaltsstoffe sowie ihren Anwendungsbereich.

Tab. 22: Einteilung von Betonzusatzmitteln [nach 23]

Zusatzmittel	Hauptinhaltsstoffe	Anwendung
Betonverflüssiger	Ligninsulfonat Melaminsulfonat Naphthalinsulfonat Polycarboxylate	Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Verringerung des Wasserzementwerts durch Verflüssigen (Herabsetzen der Oberflächenspannung des Wassers, besseres Benetzen)
Fließmittel	Ligninsulfonat Melaminsulfonat Naphthalinsulfonat Polycarboxylate	Erzeugung einer fließfähigen Konsistenz (zwei- bis dreifach stärker als Betonverflüssiger)
Verzögerer	Saccharose Gluconate Phosphate Ligninsulfonate	Verlängerung der Verarbeitbarkeit um mehrere Stunden durch Verzögerung des Erstarrens
Beschleuniger	Silikate (Natrium/Kaliumwasserglas) Natrium-/Kalium-Aluminate Natrium-/Kalium-Karbonate Formiate Amorphe Aluminiumhydroxide Aluminiumsulfat	Abdichten von Wassereinbrüchen, für Spritzbeton, Betonieren bei kalter Witterung (Beschleunigen die Entwicklung der Frühfestigkeit und meist auch das Erstarren des Frischbetons)
Luftporenbildner	Seifen aus natürlichen Harzen (verseifte Tall-, Balsam-, Wurzelharze) Synthetische nichtionische und ionische Tenside	Erzielen eines hohen Frost-/Tausalzwiderstands durch Bildung in sich abgeschlossener, gleichmäßig verteilter Feinstporen
Dichtungsmittel	Calciumstearat	Herstellung von wasserundurchlässigen Betonen (Verminderung der Wasseraufnahme von Beton durch Hydrophobierung des Kapillarporensystems oder Verstopfen der Poren)

Zusatzmittel	Hauptinhaltsstoffe	Anwendung
Stabilisierer	Polysaccharide Nanosilika u. kolloidale Kieselsäure natürl. Gummimodifikationen Polyacrylate Polyethylenoxid	für Spritzbeton, Unterwasserbeton (Verminderung des Entmischens des Frischbetons sowie des Absonderns von Wasser)

Betonzusatzmittel enthalten keine Schwermetallverbindungen, die aktiv eingesetzt werden, so dass nur sehr geringe Gehalte vorliegen. Im weiteren Verlauf wird nur die Freisetzung von organischen Stoffen durch Auslaugung in Boden und Grundwasser betrachtet.

#### 5.6.2.2 Freisetzung von organischen Stoffen in Boden und Grundwasser

Die Informationen zu den dargestellten Betonzusatzmitteln wurden vorwiegend dem Sachstandsbericht "Betonzusatzmittel und Umwelt" der Deutschen Bauchemie entnommen [84]. Andere Quellen sind angegeben. Bei der Einstufung als toxikologisch unbedenklich sei darauf hingewiesen, dass es sich nicht um eine Bewertung nach dem DIBt-Merkblatt Boden/Grundwasser [20] handelt.

#### Betonverflüssiger und Fließmittel

Die eingesetzten Zusatzmittel werden außer den Polycarboxylaten als toxikologisch unbedenklich bewertet. Die Gefahrstoffverordnung stuft einige Verbindungen der Polycarboxylate als reizend ein. Naphtalinsulfonat wird zwar als toxikologisch unbedenklich bewertet, da die ausgelaugten Verbindungen allerdings sehr stabil sind, kann eine Umweltgefährdung nicht ausgeschlossen werden.

Die Dosierung von verflüssigenden Zusatzmitteln liegt bei 0,2 bis 2 M.-% (bezogen auf Zement). Als Wirkstoffkonzentration im Beton ergibt sich bei einer Wirkstoffkonzentration des Zusatzmittels von 40 % dabei eine Konzentration von 0,12 % (Zementgehalt 350 kg/m<sup>3</sup>).

Das Auslaugverhalten von Betonverflüssigern und Fließmitteln wurde im Rahmen der IBAC-Studie anhand von Schüttel- und Kurzzeitstandtests, der Analyse des Porenwassers im Beton und einer Untersuchung des Sorptionsverhaltens von Fließmitteln an Zementpartikeln bewertet [26]. Ergebnisse von Langzeitstandtests liegen bisher nicht vor. Die Untersuchung zur Sorption von Fließmitteln an Zementpartikeln zeigte, dass bereits nach 7 Tagen 90 % der Fließmittel an den Zementpartikeln sorbiert waren und somit nur 10 % ausgelaugt werden können. Eine Analyse des Porenwassers von Beton ergab, dass nach 28 Tagen die Konzentration der Fließmittel ebenfalls auf 10 % des Ausgangswerts gesunken war. Auch durchgeführte Schüttel- und Standtests zeigten nur eine sehr geringe Elution. Unter realen Verhältnissen wird eine Elution von weniger als 1 % prognostiziert.

Aufgrund der dargestellten Ergebnisse stuft das IBAC-Forschungsvorhaben die Freisetzung von Betonverflüssigern und Fließmitteln in dieser Größenordnung als nicht umweltgefährdend ein. Für Abbauprodukte der verflüssigenden Zusätze liegen nur sehr wenige Daten vor, so dass hierüber keine Aussagen getroffen werden können [26].

### **Verzögerer**

Die Wirkstoffe für Verzögerer werden als toxikologisch unbedenklich eingestuft. Nach Aussage des Sachstandsberichts der Deutschen Bauchemie werden die Stoffe fest in die Zementsteinmatrix eingebunden, so dass eine Auslaugung nicht zu erwarten ist [84]. Allerdings lagen keine Versuchsergebnisse vor, die zur Bewertung der Auslaugung hätten herangezogen werden können [26].

### **Beschleuniger**

Silikate (Natrium- oder Kaliumwasserglas), Aluminate (Natrium- oder Kaliumaluminat) und Carbonate (Natrium- oder Kaliumcarbonat) reagieren alkalisch und werden nach der deutschen Gefahrstoffverordnung [85] als reizend bis ätzend eingestuft. Die genannten Stoffe bilden im Beton schwerlösliche Calciumsalze, die in der Zementsteinmatrix eingebunden sind. Die Alkalien werden jedoch teilweise ausgelaugt.

Amorphe Aluminiumhydroxide und Aluminiumsulfat werden als toxikologisch unbedenklich eingestuft. Die Verbindungen sind alkalifrei. Sie werden als Calciumaluminatphasen im Zementstein eingebunden, so dass eine Auslaugung nicht zu erwarten ist [26].

### **Luftporenbildner**

Luftporenbildner werden ohne Zusatz von Additiven und Hilfsstoffen hergestellt. Die eingesetzten Wirkstoffe werden je nach Alkalität nach Gefahrstoffverordnung [85] als reizend oder ätzend eingestuft.

Nach Aussage des Sachstandsberichtes der Deutschen Bauchemie reichern sich die tensiden Wirkstoffe am Rand der Luftporen an, wobei der hydrophile Teil in der Zementsteinmatrix verankert ist [84]. Es lagen keine Versuchsergebnisse von Auslaug- tests vor [26].

### **Dichtungsmittel**

Calciumstearat wird als toxikologisch unbedenklich eingestuft. Da es schwer löslich und wasserabweisend reagiert, ist eine Auslaugung nicht zu erwarten [Dt. Bauchemie]. Es lagen allerdings keine Versuchsergebnisse vor, um eine Auslaugung bewerten zu können [26].

### **Einpresshilfen**

Aluminiumpulver wird als toxikologisch unbedenklich eingestuft. Die Hydratationsprodukte werden im Zementstein eingebunden, so dass eine Auslaugung nicht zu erwarten ist [84, 26].

### **Stabilisierer**

Der Sachstandsbericht der Deutschen Bauchemie lieferte nur Aussagen zu den Inhaltsstoffen Cellulose- und Stärkeether. Diese werden in den Zementstein eingebunden. Eine Auslaugung ist nicht zu erwarten [84].

### Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von organischen Stoffen aus Betonzusatzmitteln

Außer für Betonverflüssiger und Fließmittel liegen kaum Untersuchungsdaten zur Freisetzung gefährlicher Stoffe aus Betonzusatzmitteln vor. Eine Betrachtung der Abbauprodukte erfolgt nur für Betonverflüssiger und Fließmittel und auch hier nur im Ansatz. Das IBAC-Forschungsvorhaben kommt zu dem Schluss, dass die vorhandenen Daten und die Eigenschaften der verwendeten Stoffe auf eine geringe Umweltrelevanz der Betonzusatzmittel hinweisen, auch im Hinblick auf die geringen Einsatzmengen.

Eine abschließende Bewertung ist aufgrund der unzureichenden Datenbasis nicht möglich. Hier wären Auslaugversuche mit Betonprüfkörpern, die mit den entsprechenden Zusatzmitteln hergestellt wurden, durchzuführen. Eine Auslaugung von organischen Stoffen aus Betonzusatzmitteln bestätigen die zwei nachfolgend genannten Studien. Bei einer Untersuchung des Fachverbands der Schweizer Hersteller von Betonzusatzmitteln werden bis zu 60 mg/l DOC (Gelöster organischer Kohlenstoff) festgestellt, der bei einem Schütteltest aus Betonabbruch ausgelaugt wird [86]. Die Studie des Instituts für Bauforschung der RWTH Aachen (IBAC) gibt für einen Schütteltest nach DIN 38414-S4 mit Mörtel TOC-Werte (Gesamter organischer Kohlenstoff) bis zu 12,5 mg/l an [87].

Eine Grundlage für weitergehende Untersuchungen schafft auch ein Forschungsvorhaben der Forschungs- und Materialprüfanstalt für das Bauwesen (FMPA) in Stuttgart, das einen Überblick gibt, welche Betonzusatzmittel prinzipiell und quantifizierbar freigesetzt werden können [88].

### **5.6.3 Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration Betonzusatzstoffe und -zusatzmittel**

Die nachfolgende Tabelle fasst die im vorherigen Kapitel dargestellten Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit von Betonzusatzstoffen und -zusatzmitteln sowie die Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen zusammen.

Tab. 23: Übersicht der Handlungsempfehlungen für die Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Betonzusatzstoffe und -zusatzmittel

Harmonisierte Produktnorm	Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen	Handlungsempfehlungen
<b>M 128: Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel</b>		
DIN EN 12878 (Entwurf)	<b>Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen:</b>	
DIN EN 13263-1 (Entwurf)	<u>Gesteinsmehl (Füller)</u>  Schwermetallgehalte sind denen von Sand, Kies und Kalkstein vergleichbar.	Beim Einsatz von Gesteinsmehl aus Quarz oder Kalkstein ist von keiner Freisetzung von gefährlichen Stoffen auszugehen.
DIN EN 450-1 (Entwurf)	Bei der Einlagerung von Erzen im Kalkstein wurden in Einzelfällen erhöhte Gehalte an Schwermetallen gemessen.	Bei Hinweisen auf eine Einlagerung von Erzen im Kalkstein sollten Auslaugversuche durchgeführt werden.
DIN EN 934-2	<u>Pigmente</u>  Einsatz von anorganischen Schwermetallen, die in oxidisch gebundener Form oder anderen stabilen Verbindungen vorliegen.  Stabilität der Pigmente im alkalischen Milieu ist bei der Eigenschaftsprüfung der Pigmente nachzuweisen.  Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.	Untersuchungsbedarf durch Auslaugversuche, vor allem für organische Pigmente.
	<u>Flugasche</u>  Schwermetallgehalte bei Flugasche deutlich erhöht (stark vom verwendeten Brennstoff abhängig)  Bei Schütteltests nach DIN 38414-S4 mit Flugasche wurden die Geringfügigkeitsschwellen für Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Selen, Zinn überschritten. Die Z2-Werte (Eluat) der LAGA-Mitteilung 20 für Flugasche wurden für Arsen und Chrom überschritten.  Bei Langzeitstandtests mit Beton und Mörtel wurden die Geringfügigkeitsschwellen eingehalten.	Beim Einsatz von Steinkohlenflugasche als Betonzusatzstoff sollten die Z2-Zuordnungswerte der LAGA-Mitteilung 20 für Flugasche [27] an der Originalsubstanz untersucht werden.  Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen bei der Herstellung von Flugasche sollte deklariert werden oder alternativ sollten die Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts [20] anhand eines Auslaugtests untersucht werden.  Beim Einsatz von Petrolkokks sollte der Nickel- und Vanadiumgehalt bestimmt und deklariert oder entsprechende Klassen festgelegt werden.
	<u>Silikastaub</u>  Gehalte an Schwermetallen niedriger als bei Portlandzement	Mit einer Freisetzung von Schwermetallen ist nicht zu rechnen.

<b>Freisetzung von organischen Stoffen in Boden und Grundwasser:</b>	
<u>Flugasche</u>  Nur wenige vorliegende Daten. Ergebnisse von Schütteltests zeigten eine sehr geringe Auslaugung von organischen Stoffen. Überschreitung nur im Einzelfall für Phenole	Weiterer Untersuchungsbedarf, da nur wenige Ergebnisse vorliegen
<u>Betonzusatzmittel</u>  <i>Betonverflüssiger und Fließmittel:</i>  Das Auslaugverhalten von Betonverflüssigern und Fließmitteln wurde anhand von Schüttel- und Kurzzeitstandtests, der Analyse des Porenwassers im Beton und einer Untersuchung des Sorptionsverhaltens von Fließmitteln an Zementpartikeln untersucht. Ergebnisse zeigten nur eine geringe Elution von organischen Stoffen. Ergebnisse von Langzeitstandtests liegen bisher nicht vor. Keine Aussage über Abbauprodukte.  <i>Verzögerer:</i> Stoffe toxikologisch unbedenklich. Sollen fest in die Zementsteinmatrix eingebunden werden. Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.  <i>Beschleuniger:</i> Einbau in die Zementsteinmatrix. Auslaugung der Alkalien. Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.  <i>Luftporenbildner:</i> Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.  <i>Dichtungsmittel:</i> Toxikologisch unbedenklich. Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.  <i>Einpresshilfen:</i> Toxikologisch unbedenklich. Einbindung im Zementstein. Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.  <i>Stabilisierer:</i> Keine Ergebnisse von Auslaugversuchen.	Aufgrund der wenigen Auslaugversuche besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Dabei sollten die Ergebnisse der Auslaugtests anhand des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20] bewertet werden.

## 5.7 Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Betonausgangsstoffe

### Zement

Bei Zement handelt es sich um ein mandatiertes Bauprodukt, für das langjährige Erfahrungen zur Zusammensetzung und auch für den Einsatz als Betonausgangsstoff vorliegen. Hier ist jedoch zu unterscheiden zwischen Zement, der ohne den Einsatz von Abfällen<sup>19</sup> und Zement, der mit dem Einsatz von Abfällen hergestellt wird.

Zement, der ohne den Einsatz von Abfällen hergestellt wird, eignet sich für die Aufnahme in die Liste der WFT-Produkte (WFT - Without further testing), da die vorliegenden Untersuchungen zum Gehalt und zur Auslaugung eine umweltrelevante Freisetzung von gefährlichen Stoffen nicht befürchten lassen. Allerdings ist dies noch für alle Zementarten und für die Freisetzung von organischen Stoffen zu verifizieren. Bei einer Aufnahme in die WFT-Liste ist die Zusammensetzung des Zements in der Produktnorm genau festzulegen, die Norm sollte den Hinweis enthalten, dass keine Abfälle eingesetzt werden dürfen.

Zement, der durch den Einsatz von Abfällen hergestellt wird, bedarf weitreichender Regelungen in der Produktnorm. Werden Abfälle als Sekundärrohstoff oder Sekundärbrennstoff eingesetzt und liegen hier auch ausreichende Praxiserfahrungen in Form von existierenden Untersuchungsparametern vor, so sollten diese Abfälle mit den entsprechenden zu bestimmenden Untersuchungsparametern in der Produktnorm aufgeführt werden. Die Norm sollte den Hinweis enthalten, dass der Anwendungsbereich sich nur die aufgeführten Abfälle bezieht.

Werden Abfälle eingesetzt, für deren Einsatz keine Erfahrungen in Form von Untersuchungsparametern vorliegen, so ist die Herstellung dieses Zements dem Zulassungsbereich zuzuordnen, da hier für das konkret zulassende Produkt der Prüfumfang durch ein Expertengremium festgelegt werden kann.

### Gesteinskörnungen

Unter dem Begriff "Gesteinskörnungen" wird eine Bauproduktgruppe zusammengefasst, die aus sehr unterschiedlichen Materialien bestehen kann.

Natürliche Gesteinskörnungen aus mineralischen Vorkommen eignen sich für die Aufnahme in die Liste der WFT-Produkte. Allerdings muss hier noch die Radioaktivität von natürlichen Gesteinen wie z.B. Granit berücksichtigt werden, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht betrachtet wurde. Der Umgang mit der Tatsache, dass die Schwermetallgehalte bei natürlichen Gesteinen teilweise über den Grenzwerten für Boden liegen, bei deren Unterschreitung eine Gefährdung für Boden und Grundwasser nicht zu befürchten ist, ist zu diskutieren.

---

19 Als Abfälle werden Stoffe bezeichnet, die in dem Europäischen Abfallverzeichnis [67] als Abfall oder gefährlicher Abfall aufgeführt werden. Ob dieser Abfall auch die Definition nach Art. 1 a) der Abfallrahmenrichtlinie 75/442/EWG [70] erfüllt, wonach Abfälle alle Stoffe oder Gegenstände sind, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigen muss, muss im Einzelfall entschieden werden.

Die industriell hergestellte Gesteinskörnung kristalline Hochofenschlacke kann als WFT-Produkt diskutiert werden, da die vorliegenden Untersuchungen zum Gehalt und zur Auslaugung keine Anhaltspunkte zur relevanten Freisetzung von gefährlichen Stoffen lieferten. Für die Gesteinskörnungen Schmelzkammergranulat und Metallhütten-schlacke sollten in den Produktnormen Untersuchungsparameter vorgegeben werden. In der Produktnorm sollte im Anwendungsbereich darauf hingewiesen werden, dass die Norm nur für die genannten Gesteinskörnungen anzuwenden ist.

Werden Schlacken aus Müllverbrennungsanlagen als Gesteinskörnung eingesetzt, so sollte diese aufgrund der enorm variierenden Zusammensetzung dem Zulassungsbereich zugeordnet werden. Die Zuordnung in den Zulassungsbereich gilt auch für alle weiteren Abfälle, für die keine Erfahrungen und dementsprechend keine Untersuchungsparameter vorliegen.

Für schwere Gesteinskörnungen ist derzeit eine Zuordnung nicht möglich, da keine Ergebnisse von Auslaugtests vorliegen.

Leichte Gesteinskörnungen aus natürlichen Materialien und industriell hergestellte Produkte ohne den Einsatz von Abfällen können als WFT-Produkte diskutiert werden. Es gelten die gleichen Einschränkungen wie bei den oben angeführten natürlichen Gesteinskörnungen.

Werden Abfälle eingesetzt, für die bereits Erfahrungen und auch Untersuchungsparameter vorliegen wie z.B. für Kesselsand, so sollten diese Abfälle und die Bestimmung der Parameter in der Produktnorm aufgeführt werden. Abfälle, für die keine Untersuchungsparameter vorliegen, sollten dem Zulassungsbereich zugeordnet werden.

Für den Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen sind in der Produktnorm verschiedene Festlegungen notwendig. Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Altlastenverdachtsflächen sollten im Anwendungsbereich der Produktnorm ausgeschlossen werden. Aufgrund der stark variierenden Zusammensetzung von Altlasten sollten diese dem Zulassungsbereich zugeordnet werden, da hier der Prüfumfang durch ein Expertengremium am konkreten Produkt festgelegt werden kann. Für alle anderen rezyklierten Gesteinskörnungen sollte in der Produktnorm der zu bestimmende Parameterumfang aufgeführt werden. Um Verunreinigungen durch organische Stoffe zu vermeiden, sollte in der Produktnorm ein Fremdkörperanteil an nichtmineralischen Stoffen vorgegeben werden.

## Betonzusatzstoffe

Als Betonzusatzstoffe wurden Gesteinsmehle, Pigmente und Flugasche untersucht.

Gesteinsmehl eignet sich für die Aufnahme in eine Liste mit WFT-Produkten, da sich außer bei der Einlagerung von Erzen im Kalkstein keine Hinweise auf eine Umweltgefährdung ergaben. Ausnahmefälle sollten in der Produktnorm aufgeführt und die Vorgehensweise z.B. die Durchführung von Auslaugtests angegeben werden.

Anorganische Pigmente sollten bezüglich der Aufnahme in die WFT-Liste diskutiert werden, da sich keine Hinweise auf eine Umweltgefährdung ergaben. Allerdings gilt dies nicht für organische Pigmente, da aufgrund fehlender Auslaugversuche hierzu keine Aussagen gemacht werden können. Eine Möglichkeit wäre hier, die Produktnorm nur für anorganische Pigmente festzulegen und organische Pigmente dem Zulassungsbereich zuzuordnen, bis Erfahrungen zum Auslaugverhalten dieser Stoffe vorliegen.

Beim Einsatz von Steinkohlenflugasche ohne die Mitverbrennung von Abfällen müssen in den Produktnormen Untersuchungsparameter vorgegeben werden. Werden Abfälle (Sekundärbrennstoffe) bei der Herstellung von Flugasche mitverbrannt, so sollten diese Flugaschen dem Zulassungsbereich zugeordnet werden. Bestehen bereits langjäh-

rige Erfahrungen zum Mitverbrennen von Abfällen wie z.B. Klärschlamm und Petrolkoks, so sollte hier eine Positivliste mit Abfällen diskutiert werden, die in der Produkt-norm aufgenommen werden wie dies ja auch bei dem derzeitigen Entwurf der europäischen Flugaschennorm DIN EN 450-1 der Fall ist. Flugasche aus Hausmüll- oder Gewerbemüllverbrennungsanlagen sollte aufgrund der stark variierenden Zusammensetzung dem Zulassungsbereich zugeordnet werden.

### Betonzusatzmittel

Eine Zuordnung von Betonzusatzmitteln kann aufgrund der fehlenden Auslaugversuche noch nicht vorgenommen werden.

## 6 Bodenbeläge als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in den Innenraum

Bodenbeläge sind mandatierte Bauprodukte, die aufgrund ihrer großen Oberfläche zu den potentiell bedeutsamen Belastungsquellen im Innenraum zählen. Dabei ist nicht nur die Emission von leichtflüchtigen organischen Stoffen in die Innenraumluft relevant, auch die Emission von schwerflüchtigen organischen Stoffen, die meist am Hausstaub gebunden sind und die Aufnahme von Stoffen durch Hautkontakt spielen eine Rolle. So haben z.B. Kleinkinder im Krabbelalter in den ersten Lebensjahren einen intensiven Kontakt zum Bodenbelag. Sie können über den Hausstaub, aber auch durch Hautkontakt mit dem Bodenbelag selbst chemische Verbindungen wie z. B. Weichmacher, Farbstoffe und Biozide aufnehmen.

Bei den Bodenbelägen handelt es sich um eine Bauproduktgruppe, bei der eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien und Stoffe eingesetzt werden. Einen Überblick dazu liefert folgende Tabelle, die Bodenbeläge nach ihrer Beschaffenheit und Oberfläche einteilt.

Tab. 24: Einteilung der Bodenbeläge

organisch			anorganisch
textil	elastisch	hart	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polteppiche</li> <li>• Nadelvliesbeläge aus Natur- und Kunstfasern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PVC-Bodenbeläge</li> <li>• Polyolefin-Bodenbeläge</li> <li>• Linoleum-Bodenbeläge</li> <li>• Gummi-Bodenbeläge</li> <li>• Kork-Bodenbeläge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laminat-Bodenbeläge</li> <li>• Holz-Bodenbeläge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keramische Fliesen und Platten</li> <li>• Naturstein-Bodenbeläge</li> <li>• Bodenbeläge aus Kunststein</li> </ul>

Im folgenden Kapitel werden aufgrund der enormen Materialvielfalt nur Bodenbeläge aus organischen Materialien (textile, elastische, harte Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen einschließlich Laminat) betrachtet.

Zur Bewertung der aus Bodenbelägen freigesetzten gefährlichen Stoffe wird ein umfassendes Konzept dargestellt, das eine Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen aufzeigt. Im weiteren Verlauf wird die Zusammensetzung der verschiedenen Bodenbelagsarten ausführlich erläutert. Der Abschnitt "Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen" stellt Untersuchungsergebnisse von Emissionsmessungen in der Prüfkammer oder Innenraumluft dar und gibt Hinweise zu Stoffen, deren Freisetzung aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften wahrscheinlich ist. Aus diesen Ausführungen resultieren Handlungsempfehlungen, die bei der Überarbeitung der technischen Spezifikationen für Bodenbeläge berücksichtigt werden sollten, um eine Gefährdung des Nutzers von Bauwerken ausschließen zu können. Die Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 geben zusätzlich zu den Handlungsempfehlungen Hinweise, wie diese Umsetzung für genormte und zugelassene Bodenbeläge durchgeführt werden kann. Auf eine ausführliche Darstellung der Prüfmethoden zur Bestimmung der Emission in den Innenraum wird verzichtet, da hier im Gegensatz zu den diversen Prüfmethoden zur Auslaugung in Boden und Grundwasser europäische Prüfmethoden vorliegen, die nur noch einer Harmonisierung bedürfen.

## 6.1 Konzepte zur gesundheitlichen Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten in Innenräumen

Zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten in Innenräumen existieren nur wenige europäische und nationale Regelungen, die üblicherweise aus Verbots- oder Beschränkungen für Einzelstoffe (z.B. Formaldehyd) oder Summenparametern bestehen. Als weitergehendes Konzept zur Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von Bauprodukten in Innenräumen wird das deutsche VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB (Kap. 6.1.1) dargestellt sowie die Zulassungsgrundsätze des Deutschen Instituts für Bautechnik für den Bereich Innenraum (Kap. 6.1.2), die basierend auf dem VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB noch weitreichendere Anforderungen an Bauprodukte, die einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bedürfen, stellen. Die im folgenden erläuterten beiden Konzepte repräsentieren hierbei das deutsche Schutzniveau bezüglich der Freisetzung und Bewertung von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten in den Innenraum.

### 6.1.1 Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten (VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB)

Um die Belastung der Innenraumluft durch die Emission von flüchtigen und schwerflüchtigen organischen Stoffen aus Bauprodukten bewerten zu können, wurde vom "Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)"<sup>20</sup> ein Bewer-

---

20 Der AgBB wurde 1997 von der Länderarbeitsgruppe "Umweltbezogener Gesundheitsschutz" (LAUG) der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) ins Leben gerufen. Im AgBB sind neben den Ländergesundheitsbehörden auch das Umweltbundesamt (UBA), das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV), das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), die Konferenz der für Städtebau, Bau- und

tungsschema entwickelt [21], das auf den europäischen ECA-Bericht Nr. 18 "Evaluation of VOC-Emissions from building products" aufbaut [89]. Das VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB wurde erstmalig im Jahr 2000 veröffentlicht und wird nach der zweijährigen Einführungsphase von 2002 bis 2004 ausgewertet und gegebenenfalls angepasst. Das AgBB-Bewertungsschema kann im Internet unter <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/voc.htm> abgerufen werden.

Das VOC/SVOC-Bewertungsschema bietet eine Vorgehensweise zur gesundheitlichen Bewertung von VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten, die in Innenräumen von Gebäuden eingesetzt werden. Als flüchtige organische Verbindungen (VOC = Volatile Organic Compounds) definiert das Schema Verbindungen mit einem gaschromatographisch bestimmten Retentionsbereich von  $C_6$  bis  $C_{16}$ , die als Einzelstoffe oder als Summenparameter (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) erfasst werden sowie die schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC = Semi Volatile Organic Compounds) mit einem gaschromatographisch bestimmten Retentionsbereich  $> C_{16}$  bis  $C_{22}$ . Abweichend von dieser Definition teilt die WHO (World Health Organisation) die organischen Verbindungen nach ihrem Siedepunkt ein in die nicht klar getrennten Bereiche [90]:

- leichtflüchtige organische Stoffe (Very volatile organic compounds – VVOC) mit Siedepunkten von 0 bis 50 - 100 °C
- flüchtige organische Verbindungen (VOC) mit Siedepunkten von 50 - 100 bis 240 - 260 °C und
- schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) mit Siedepunkten von 240 - 260 bis 380 – 400 °C.

Die Freisetzung von flüchtigen und schwerflüchtigen organischen Verbindungen wird anhand von Prüfkammermessungen bestimmt. Dabei greift das Schema auf die europäischen Prüfnormen DIN EN 13419 Teil 1 – 3 (Entwurf) zur Bestimmung der Emission von VOC aus Bauprodukten zurück [91, 92, 93]. Teil 1 und 2 der Norm beschreiben das Verfahren bei der Anwendung einer Prüfkammer (Teil 1) bzw. einer Prüfzelle (Teil 2). Teil 3 legt die Vorgehensweise zur Probenahme, Probenlagerung und Vorbereitung der Prüfstücke fest. Durch die Festlegung der Prüfkammerbedingungen wie z.B. Luftwechsel, Temperatur und Fläche des Prüfstücks wird versucht, Prüfkammerergebnisse zu erhalten, die weitgehend einer realen Raumsituation entsprechen. Die Analytik der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgt anhand der Norm ISO 16000-6, die nach der Endabstimmung als ENV 13419, Teil 4 übernommen werden soll [94].

Die Bewertung der emittierten VOC und SVOC erfolgt einerseits mit Hilfe von NIK-Werten (Niedrigste interessierende Konzentration) für Einzelstoffe und andererseits mit Begrenzung der Summenparameter TVOC, SVOC und der Summe der sogenannten "Nichtbewertbaren Stoffe". Die NIK-Werte leiten sich aus den Grenzwerten für den Arbeitsplatz, den sogenannten Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) ab. Die unterschiedlichen Bedingungen in allgemeinen Innenräumen und Arbeitsplätzen wie z.B. die Dauerexposition, die Existenz von Risikogruppen und die undefinierte Gesamtexposition in Innenräumen werden bei der Ableitung berücksichtigt, indem der MAK-Wert in der Regel durch 100 geteilt wird. Mögliche krebserzeugende Stoffe der Kategorie 3 nach der europäischen Richtlinie 67/548/EWG [3] werden stärker bewertet, in dem der MAK-Wert in der Regel durch 1000 geteilt wird. Die auf diese Weise ermittelten NIK-Werte sind als Rechenwerte zu verstehen und nicht als toxikologisch hinreichend begründete Richtwerte für die Innenraumluft. Krebserzeugende Stoffe und sol-

che mit Verdacht auf krebserzeugendes Potential (Kategorie 1 und 2 der RL 67/548/EWG) [3] werden gesondert bewertet. Mutagene und reproduktionstoxische Stoffe werden einer Einzelstoffbetrachtung unterzogen<sup>21</sup>.

Die NIK-Liste wird nach Bedarf ungefähr jährlich überarbeitet und veröffentlicht und umfasst derzeit 138 Verbindungen (Stand Juni 2003). Diese teilen sich in folgende Stoffgruppen auf:

- Aromatische Kohlenwasserstoffe (31 Verbindungen)
- Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe (n-, iso- und cyclo-) (7 Verbindungen)
- Terpene (5 Verbindungen)
- Aliphatische Alkohole und Ether (13 Verbindungen)
- Aromatische Alkohole (Phenole) (2 Verbindungen)
- Glykole, Glykolether, Glykolester (12 Verbindungen)
- Aldehyde (18 Verbindungen)
- Ketone (9 Verbindungen)
- Säuren (9 Verbindungen)
- Ester und Lactone (22 Verbindungen)
- Chlorierte Kohlenwasserstoffe (1 Verbindung)
- Sonstige (9 Verbindungen)

Die derzeit aktuelle Liste der NIK-Werte findet sich im Anhang A10.

Neben der gesundheitlichen Bewertung der VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten sollen durch das VOC/SVOC-Bewertungsschema auch sensorische Aspekte erfasst werden, da geruchliche Emissionen oft zu einer Beeinträchtigung des Gebäudenutzers führen. Aufgrund fehlender einheitlicher Prüfmethoden und Bewertungsmaßstäbe wird dieser Aspekt bisher noch nicht im Bewertungsschema berücksichtigt; er befindet sich jedoch in Bearbeitung.

---

21 CMR-Stoff, Kategorie 1 nach RL 67/548/EWG: Stoffe, die auf den Menschen bekanntermaßen krebserzeugend, erbgutverändernd oder reproduktionstoxisch wirken.  
 CMR-Stoff, Kategorie 2 nach RL 67/548/EWG: Stoffe, die als krebserzeugend, erbgutverändernd oder reproduktionstoxisch für den Menschen angesehen werden sollten.  
 Derzeit sind ca. 850 Stoffe als CMR-Stoffe nach Kategorie 1 oder 2 (RL 67/548/EWG) eingestuft [95].

### Vorgehensweise des AgBB-Bewertungsschemas

Als Versuchsbeginn der Emissionsmessung ( $t_0$ ) wird der Zeitpunkt definiert, an dem das zu untersuchende Produkt aus der luftdichten Verpackung genommen und in die Prüfkammer oder Prüfzelle eingebracht wird. Das Prüfstück verbleibt während der gesamten Prüfdauer in der Emissionsprüfammer oder –zelle.

Nach einer Prüfdauer von 3 Tagen wird der  $\text{TVOC}_3$ -Wert bestimmt. Um die Anforderungen des Schemas zu erfüllen, muss der  $\text{TVOC}_3$ -Wert  $\leq 10 \text{ mg/m}^3$  sein. Weiterhin muss die Summe der detektierten krebserzeugenden Stoffe der Kategorie 1 und 2 der RL 67/548/EWG [3]  $\leq 0,01 \text{ mg/m}^3$  sein.

Zur Überprüfung des Langzeitemissionsverhaltens wird nach 28 Tagen abermals der  $\text{TVOC}_{28}$ -Wert bestimmt. Dieser darf den Wert von  $1 \text{ mg/m}^3$  nicht überschreiten. Weiterhin darf die Summe aller SVOC nicht größer sein als  $0,1 \text{ mg/m}^3$ . Für die Summe der krebserzeugenden Stoffe (Kategorie 1 und 2 der RL 67/548/EWG) ist nach 28 Tagen nur noch ein Wert  $\leq 0,001 \text{ mg/m}^3$  zulässig. Neben der Bewertung der Gesamtsumme aller flüchtigen organischen Verbindungen über den TVOC findet nach 28 Tagen auch eine Bewertung der Einzelstoffe statt. Dazu werden alle flüchtigen organischen Verbindungen identifiziert und quantifiziert, deren Konzentration  $\geq 2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  beträgt. In die Bewertung nach NIK gehen allerdings nur die Stoffe ein, deren Konzentration  $\geq 5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  ist. Zur Bewertung der Einzelstoffe wird für jede Verbindung (i) das Verhältnis ( $R_i$ ) der Stoffkonzentration in der Kammerluft ( $C_i$ ) zum NIK-Wert gebildet.

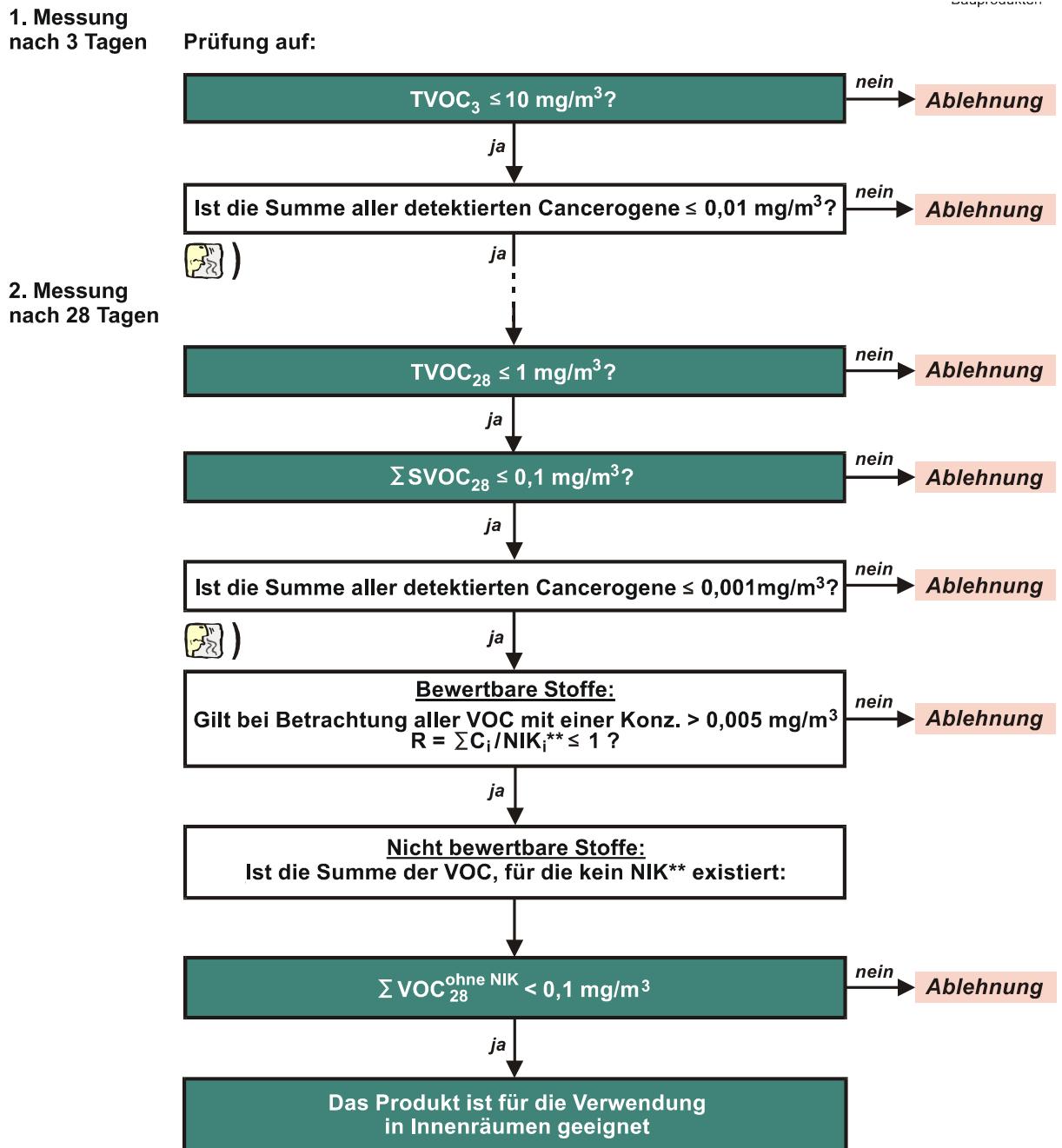
$$R_i = C_i / \text{NIK}_i$$

Wenn die Summe der Quotienten für die einzelnen Verbindungen 1 nicht überschreitet, wird davon ausgegangen, dass keine gesundheitsschädigende Wirkung durch diese Stoffe auftritt.

$$R = \text{Summe aller } R_i = \text{Summe aller Quotienten } (C_i / \text{NIK}_i) \leq 1$$

Für alle flüchtigen organischen Verbindungen, die nicht identifizierbar sind oder die kleinen NIK-Wert haben, gilt, dass die Summe dieser Verbindungen  $0,1 \text{ mg/m}^3$  nicht überschreiten darf. Hintergrund für dieses Kriterium war die Substitutionsproblematik; man will hiermit vermeiden, dass vermehrt neue, toxikologisch nicht bewertete Stoffe eingesetzt werden, sobald eine Substanz eine Gefahrstoffkennzeichnung tragen muss.

Die beschriebene Vorgehensweise zur Bewertung der VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten verdeutlicht das folgende Ablaufschema:



(Icon) Für die zu diesen Zeitpunkten ebenfalls vorgesehenen sensorischen Prüfungen stehen derzeit noch keine abgestimmten und allgemein anerkannten Verfahren zur Verfügung.

\* VOC, TVOC: Retentionsbereich C<sub>6</sub> - C<sub>16</sub>, SVOC: Retentionsbereich > C<sub>16</sub> - C<sub>22</sub>

\*\* NIK: Niedrigste interessierende Konzentration, engl. LCI

UBA II 2.2 - AgBB  
Juni / 2002

Abb. 4: Schema zur gesundheitlichen Bewertung von VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten des AgBB (gültig für die Einführungsphase 2002 – 2004) [21]

### 6.1.2 DIBt-Zulassungsgrundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen (DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum)

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat aufbauend auf dem VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB dieses Verfahren weiter ausgebaut, um zu einer Bewertungsgrundlage für die Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Bauprodukte, die im Innenraum eingesetzt werden, zu gelangen [96]. Die DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum gliedern sich in zwei Teile. Teil I "Allgemeines Bewertungskonzept" liefert die Vorgehensweise zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen, die auf alle zu untersuchenden Bauprodukte anzuwenden ist. In Teil II "Bewertungskonzepte für spezielle Bauprodukte" wird das allgemeine Konzept auf das jeweilige Bauprodukt abgestimmt und in Bezug auf die zu verwendenden Untersuchungsverfahren konkretisiert. Derzeit liegt der produktspezifische Teil II für die Bauproduktgruppe "Bodenbeläge und Klebstoffe" im Entwurf vor. Für weitere innenraumrelevante Produkte werden entsprechende produktspezifische Anforderungen sukzessive erarbeitet.

#### Teil I "Allgemeines Bewertungskonzept" [96]

Das Bewertungskonzept der DIBt-Zulassungsgrundsätze gliedert sich in zwei Stufen. Die erste Stufe behandelt die Inhaltsstoffe des Bauprodukts. Aufschluss darüber gibt die chemische Zusammensetzung des Produkts, die der Antragsteller gegenüber dem DIBt offenlegt. Die Bewertung der Inhaltsstoffe erfolgt anhand von folgenden Ausschlusskriterien:

- Gesetzliche Verwendungsverbote und Beschränkungen für bestimmte Stoffe (z.B. Chemikalienverbotsverordnung)
- Verwendungsverbote und Beschränkungen des DIBt zu potentiell gefährlichen Stoffen in Bauprodukten
- Stoffe, die nach EU-Richtlinie 67/548/EWG [3] mit "Sehr giftig" (T+) oder "Giftig" (T) gekennzeichnet sind, sollten vermieden werden. Falls eine Vermeidung technisch nicht möglich ist, muss eine gesonderte Bewertung durchgeführt werden.
- Kanzerogene (T, R 45, T, R49) und mutagene (T, R 46) Stoffe dürfen nicht aktiv eingesetzt werden.
- Werden bei der Herstellung eines Bauprodukts Abfälle (zur Verwertung) verwendet, ist der unvermischt und unverdünnte Abfall gesondert zu bewerten, gegebenenfalls sind hierfür geeignete Untersuchungen durchzuführen.
- Beim Einsatz von Altholz sind die Vorgaben der Altholzverordnung [97] einzuhalten.
- Eingesetzte mineralische Abfälle müssen die Anforderungen der LAGA-Mitteilung 20 "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen" [27] einhalten.

Wenn auch nur ein Ausschlusskriterium zutrifft, hält das Bauprodukt die Anforderungen der DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum nicht ein und eine Zulassung kann nicht erteilt werden. Ein Bauprodukt erfüllt allerdings die Anforderungen der Grundsätze schon nach der ersten Stufe, wenn aufgrund der chemischen Zusammensetzung mit hinreichender Sicherheit angenommen werden kann, dass von dem Bauprodukt keine Gefahren für die Innenraumluft ausgehen oder bereits Bauprodukte gleichartiger Zusam-

mensetzung nach der zweiten Stufe geprüft wurden und die Anforderungen der DIBt-Zulassungsgrundsätze eingehalten werden.

Die zweite Stufe des Bewertungskonzepts betrachtet die freisetzbaren Inhaltsstoffe. Diese Stufe entspricht dem VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB (siehe Kap. 6.1.1).

Die Vorgehensweise der DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum verdeutlicht das folgende Ablaufschema.

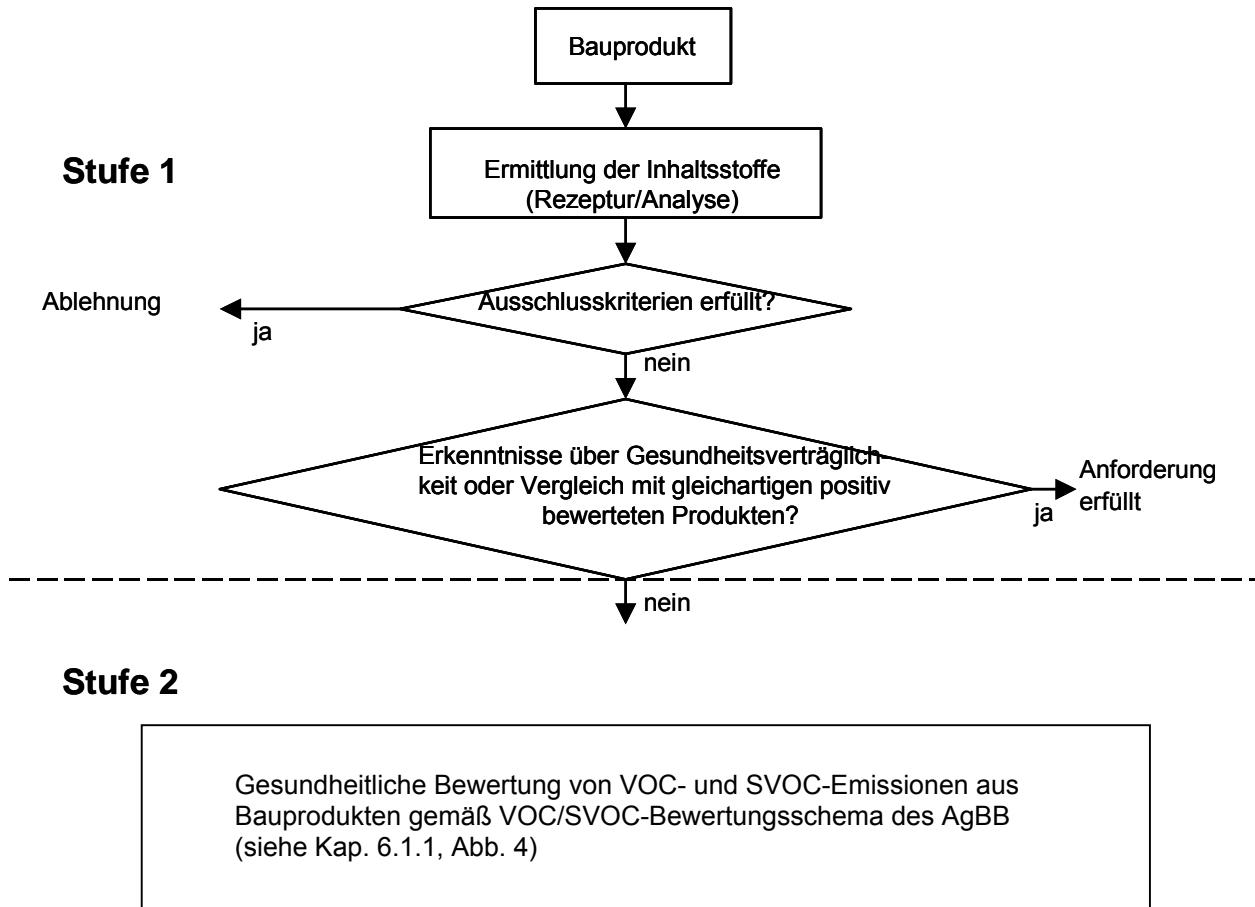


Abb. 5: Ablaufschema zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten nach den DIBt-Zulassungsgrundsätzen Innenraum [96]

## **Teil II "Bewertungskonzept für spezielle Bauprodukte": Bodenbeläge und Klebstoffe [96]**

Teil II "Bodenbeläge und Klebstoffe" gilt im Zulassungsbereich für schwerentflammbare Bodenbeläge, die verklebt oder unverklebt in Aufenthaltsräumen verwendet werden.

Die Ermittlung und Bewertung der Inhaltsstoffe des Bauprodukts erfolgt analog der Stufe 1 des allgemeinen Teils I. Besondere Anforderungen, die nur Bodenbeläge und Klebstoffe betreffen, werden nicht gestellt.

Bei der Ermittlung und Bewertung der Emissionen flüchtiger und schwerflüchtiger organischer Verbindungen nach Stufe 2 wird neben VOC und SVOC auch Formaldehyd ermittelt und bewertet, sofern bei der Herstellung freies Formaldehyd oder Formaldehydharze aktiv eingesetzt wurden. Die Bestimmung der Emission von Formaldehyd kann ebenfalls nach der Norm DIN EN 13419-1 oder -2 (Entwurf) [91, 92] durchgeführt werden, die Analytik erfolgt nach DIN ISO 16000-3 [98]. Wird die Formaldehydprüfung bei Holzwerkstoffen durchgeführt, so ist die Emissionsprüfung nach den Vorgaben der deutschen Chemikalienverbotsverordnung [99] durchzuführen.

Die Probenahme, Verpackung und Lagerung der Proben erfolgt nach DIN EN 13419-3 (Entwurf) [93]. Bei allen Bodenbelagsarten gilt, dass möglichst produktionsfrische Produkte beprobt werden sollten.

Die Herstellung und Vorbereitung des Prüfstücks erfolgt ebenfalls nach DIN EN 13419-3 (Entwurf) [93]. Sie wird aber u.a. bei der Festlegung des Beginns der Emissionsprüfung  $t_0$  spezifiziert. Dabei beginnt bei textilen, elastischen und harten Bodenbelägen, die werkseitig versiegelt werden, die Emissionsprüfung sofort nach Fertigstellung des Prüfstücks. Bodenbeschichtungen, Klebstoffe und harte Bodenbeläge, die vor Ort versiegelt werden, werden flüssig auf einen geeigneten Untergrund aufgebracht und in der Prüfkammer 72 Stunden lang vorkonditioniert. Erst danach beginnt die eigentliche Emissionsmessung nach DIN EN 13419-1 oder -2 (Entwurf) in einer anderen Emissionskammer [91, 92].

Die Emissionsprüfung erfolgt bei einer flächenspezifischen Luftdurchflussrate  $q = 1,25$ . Die erste Messung wird nach 72 Stunden durchgeführt, die zweite Messung nach 28 Tagen.

Die analytische Bestimmung der VOC und SVOC lehnt sich an ISO 16000-6 an [94]. Abweichend von der Norm, die VVOC, VOC und SVOC wie die WHO über ihre Siedepunkte abgrenzt, definieren die DIBt-Zulassungsgrundsätze die drei Stoffgruppen analog dem VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB über die Kohlenstoffanzahl und die Retentionszeiten. Weiterhin werden in den Zulassungsgrundsätzen spezifischere Angaben zu Identifizierung und Quantifizierung vorgegeben.

Die Bewertung der VOC und SVOC-Emissionen entspricht der Vorgehensweise des allgemeinen Bewertungsschemas von Teil I.

## 6.2 Mandat 119 - Bodenbeläge

Das CEN-Mandat 119 zur Erarbeitung harmonisierter europäischer Normen für Bodenbeläge gibt Vorgaben für Beläge, die für folgende Verwendungszwecke eingesetzt werden [100]:

- Bodenbettungen (einschließlich eingehängte Geschossplatten), Straßen und andere Verkehrsflächen. Dieser Bereich wird im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht betrachtet.
- Vorgefertigte Fußbodensysteme und Galerien, Treppen, Rampen, Doppelböden, Brüstungen und Geländer, einschließlich Außenbauwerke
- Boden- und Treppenoberflächen

Laut dem Mandat werden für Bodenbeläge üblicherweise folgende Materialien eingesetzt [100]:

Tab. 25: Mandat 119: Beispiele für eingesetzte Materialien [100]

Bauproduktfamilie	Eingesetzte Materialien
Starre Bodenbeläge für den Außengebrauch und Straßenoberflächen	Stein, Kunststein Beton, faserbewehrter Beton, Asphaltbeton Ton, Glas, Keramik, Metall,
Starre Bodenbeläge für den Innengebrauch einschl. umschlossene Einrichtungen des öffentlichen Verkehrs	Holz (Faserplatten, Spanplatten, Zementspanplatten, Sperrholz), Kunststoff, Gummi, organische Fasern, Naturasphalt, Kork
Elastische und textile Bodenbeläge für den Innengebrauch	Organische Fasern, Kork anorganische Fasern und Partikel
Elastische und textile Bodenbeläge für den Außengebrauch	Gummi Kunststoffe einschließlich Linoleum
Estrichmaterial	Zement, Calciumsulfat, Kaustische Magnesia, Magnesiumchlorid, Bitumen, Bitumenemulsion, Kunstharz, Zuschläge, Zusatzmittel, Zusatzstoffe

Spezifische Anforderungen an Gesundheit und Umweltschutz finden sich im Mandat 119 nur dahingehend, dass bei starren, elastischen und textilen Bodenbelägen bei Relevanz der Gehalt an Asbest und Pentachlorphenol sowie die Freisetzung von Formaldehyd zu berücksichtigen sind [100].

### 6.2.1 Zusammensetzung der Bodenbeläge

Im Jahr 2002 wurden in Deutschland ca. 500 Mio. m<sup>2</sup> Bodenbeläge abgesetzt. Die Aufteilung auf die einzelnen Bodenbelagstypen zeigt folgende Tabelle [101]:

Tab. 26: *Absatz an Bodenbelägen in Deutschland im Jahr 2002 [101]*

Bodenbelagstyp	Absatz in Mio. m <sup>2</sup>	Anteil am Gesamtabsatz in %
Textile Bodenbeläge (Tufting, Nadelvlies, Webware)	273	53,6
PVC-Bodenbeläge	50	9,8
Linoleum-Bodenbeläge	16	3,1
Gummi-Bodenbeläge	7	1,4
Kork-Bodenbeläge	6	1,2
Laminat-Bodenbeläge	49	9,6
Holz/Parkett-Bodenbeläge	27	5,3
Keramik	74	14,5
Sonstiges	7	1,4
<b>Gesamt</b>	<b>509</b>	<b>100</b>

Im folgenden Kapitel werden nur die Bodenbeläge aus organischen Materialien (textile, elastische, harte Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen einschließlich Laminat) betrachtet.

#### 6.2.1.1 Textile Bodenbeläge

Die in Deutschland im Jahr 2002 abgesetzten Bodenbeläge bestanden fast zu 55 % aus textilen Bodenbelägen. Die Gesamtmenge der textilen Bodenbeläge teilt sich auf in [101]:

- 175 Mio. m<sup>2</sup> Tuftingware (Polteppiche)
- 70 Mio. m<sup>2</sup> Nadelvliesbeläge (Teppiche ohne Pol) und
- 28 Mio. m<sup>2</sup> Webware (Polteppiche).

Textile Bodenbeläge werden nach der Norm DIN ISO 2424 in Bodenbeläge mit Pol und ohne Pol eingeteilt [102]. Polteppiche können durch die Herstellungsverfahren Wirken, Tuften, Weben oder Beflocken gefertigt werden [103].

Textile Bodenbeläge nach DIN ISO 2424 bestehen aus einer Nutzschicht und einer Grundsicht. Die Nutzschicht ist derjenige Teil, der direkt der Benutzung ausgesetzt ist. Sie besteht bei Polteppichen aus textilen Garnen oder Fasern, die aus der Grundsicht hervortreten und als Nutzschicht dienen. Bei textilen Bodenbelägen ohne Pol kann die Nutzschicht identisch mit der Grundsicht sein [102].

Die Grundsicht besteht aus einer oder mehreren Schichten, die mit der Nutzschicht verbunden sind. Sie dient als Träger für die Nutzschicht, stabilisiert diese oder wirkt als Polster. Das Trägermaterial der Nutzschicht dient häufig auch zur Verankerung anderer Materialien der Grundsicht. Teil der Grundsicht ist auch der Teppichrücken, der gewebt oder gewirkt wird oder aus Vliesmaterial besteht. Eingesetzt werden auch nicht textile Rücken z.B. aus Kunststoff oder Latex [102].

Polvliesbeläge nach DIN EN 13297 werden durch das Vernadeln von Textilfasern hergestellt. Die Einbindung der Polfasern kann physikalisch oder chemisch erfolgen. Polvliesbeläge können mit einem Bindemittel auf der Rückenschicht teilimprägniert oder, wenn das Bindemittel den gesamten Bodenbelag durchdringt, vollimprägniert werden [103]. Als Bindemittel werden z.B. Syntheselatex oder Acrylate, aber auch Bitumen eingesetzt [104].

Ein Beispiel für einen textilen Bodenbelag ohne Pol ist der Nadelvliesbelag nach DIN EN 1470. Dabei handelt es sich um ein Faservlies, das durch Verschlingung der Fasern mithilfe von Nadeln mit Widerhaken verdichtet wird. Nadelvliesbeläge können ebenso wie Polvliesbeläge mit einem Bindemittel teil- oder vollimprägniert werden [105].

Die Einteilung der textilen Bodenbeläge verdeutlicht folgende Abbildung.

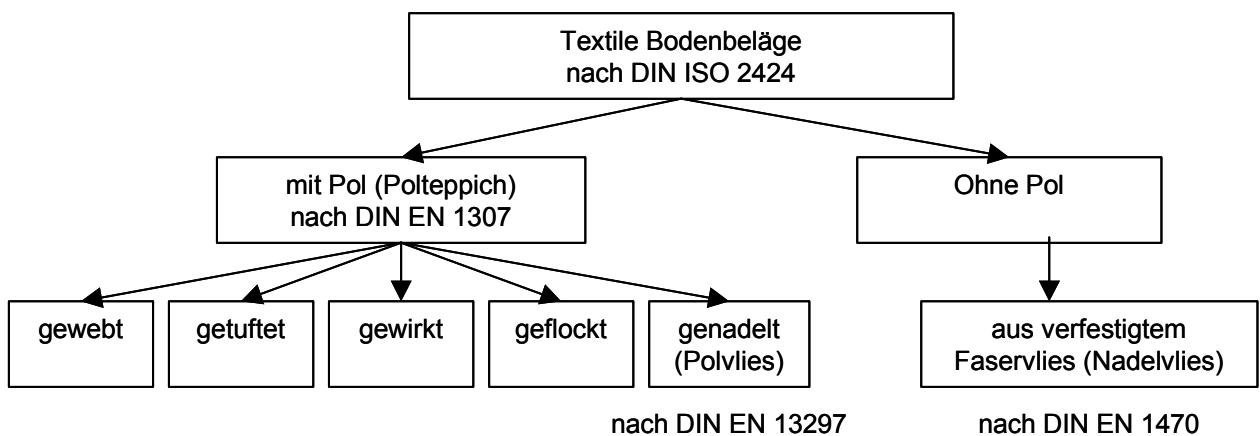


Abb. 6: Einteilung von textilen Bodenbelägen nach DIN ISO 2424 [102]

Die eingesetzten textilen Bodenbeläge (mit Pol und ohne Pol) besitzen überwiegend eine Nutzschicht aus Kunstfasern. Da in Deutschland hauptsächlich getuftete Beläge (65 %) und Nadelvliesbeläge (25 %) eingesetzt werden [101], wird die Zusammensetzung anhand dieser beiden Typen dargestellt.

### Zusammensetzung von getufteten textilen Bodenbelägen

Die von oben sichtbare Nutzschicht besteht bei getufteten Bodenbelägen:

- bei Teppichböden aus Synthetikfasern (in der Regel Polyamid)

- bei Naturfaserteppichen aus tierischen Fasern (Schurwolle) oder pflanzlichen Fasern (Kokos, Sisal, Jute, Baumwolle)

Die erste Schicht der Grundschicht ist das Trägermaterial, in das die Fasern der Nutzschicht eingenadeln werden. Als Trägermaterial werden in der Regel Polypropylen und Polyester entweder als Gewebe- oder Spinnvlies, vereinzelt auch Jutegewebe, eingesetzt.

Zur Fixierung der Fasern auf dem Trägermaterial wird oft eine Schicht Fixier- bzw. Klebemasse aufgebracht, die in der Regel aus Syntheselatex (Styrol-Butadien-Latex - SBR) besteht. Eingesetzt wird aber auch Naturlatex. Zur besseren Verarbeitung kann diese Fixiermasse diverse Hilfsstoffe enthalten [106].

Auf die Fixierschicht wird eine Rückenschicht aufgebracht, die bei Teppichböden aus folgenden Materialien besteht [107]:

- ca. 80 % Textilrücken aus Gewebe oder Vlies
- ca. 10 % Schaumrücken aus Syntheselatex (Styrol-Butadien-Latex – SBR)
- ca. 10 % Schwerbeschichtung aus Bitumen, PVC oder Polyurethanschaum.

Rückenschichten aus Syntheselatex oder Naturlatex können dabei bis zu 75 % mineralische Füllstoffe (z.B. Kreide, Aluminiumtrihydrat) enthalten, wobei Aluminiumtrihydrat auch gleichzeitig als Flammenschutzmittel dient.

Rücken aus Syntheselatex oder Naturlatex enthalten diverse Hilfsstoffe. Zum Ablauf der Vulkanisationsreaktion des Latex werden Vulkanisationsbeschleuniger und Vulkanisationsverzögerer eingesetzt. Rücken aus Syntheselatex können als weitere Additive Antioxidantien als Alterungsschutz, Emulgatoren, Schwefel, Netzmittel, Acrylatverdicker sowie Kreide als Füllstoff und Deckmittel enthalten. Syntheselatex kann herstellungsbedingt geringe Mengen der Restmonomere Styrol und Butadien aufweisen [106].

Als Flammeschutzmittel in der Textilrückenbeschichtung werden nach einer Studie des Umweltbundesamtes in Deutschland und Europa bei ca. 80 % der Teppichböden, die im Objektbereich oder für Automobile flammhemmend ausgerüstet werden, Aluminiumtrihydroxid (ATH), aber auch längerketige Chlorparaffine plus Antimontrioxid (ATO) und Ammoniumpolyphosphat (APP) eingesetzt. Daneben kommen in Deutschland und auch in Europa immer noch die halogenbasierten Flammeschutzmittel Decabromdiphenylether (DeBDPE), Hexabromcyclododecan (HBCD) und Tris(chlorpropyl)phosphat (TCCP) in Textilrücken zur Anwendung [108]. In Teppichböden, die das freiwillige GUT-Label der Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichböden besitzen, besteht ein Verwendungsverbot für die halogen- bzw. phosphorhaltigen Flammeschutzmittel: polybromierte Biphenyle (PBB), Tri-(2,3-dibrompropyl)-phosphat (TRIS), Tris(aziridinyl)-phosphinoxid (TEPA), kurzkettige Chlorparaffine (SCCP's) und PeBDE [109].

Um bestimmte Eigenschaften zu erzielen, erhalten textile Bodenbeläge in der Regel eine chemische Ausrüstung. Kunstfaserteppiche, die im privaten Bereich eingesetzt werden, werden zur Verringerung der Schmutzempfindlichkeit in der Regel mit teflonartigen Fluorverbindungen imprägniert. Teppichböden für den Objektbereich besitzen aufgrund der professionellen Reinigung in der Regel keine derartige Ausrüstung [107]. Zur Verringerung der elektrischen Aufladung können Sprühaustrüstungen als Antistatika eingesetzt werden [84].

Wollteppiche erhalten zum Schutz gegen Motten- und Käferfraß in der Regel eine Behandlung mit Pestiziden. Eingesetzt werden hier hauptsächlich Pyrethroide und als Vertreter im wesentlichen Permethrin. Das Teppichsiegel der Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichböden e.V. (GUT) verlangt für den Schutz des Wollteppichs vor Käfer- und Mottenfraß eine Behandlung mit Permethrin mit einer Höchstmenge von 210 mg/kg Wolle [109]. Eine Motten- und Käferschutzausrüstung verlangen ebenfalls die internationalen Label "Das internationale Wollsiegelsekretariat" und "Wolls of New

Zealand". In Teppichen aus Naturfasern wie z.B. Baumwolle und Schafwolle können schon bei der Herstellung Pestizide eingesetzt werden, die dann als Rückstände im Teppich nachweisbar sind.

Zur Farbgebung des getufteten Teppichs wird die Fasernutzschicht, die mit dem Trägermaterial vernadelt ist, entweder gefärbt oder bedruckt. Zur Farbgebung können anorganische und organische Pigmente sowie organische Farbstoffe eingesetzt werden, die zum Teil Schwermetalle enthalten. Neben den Farbmitteln werden auch Färbereihilfsmittel sowie Antistatika benötigt [106].

Zur Färbung von Polyesterfasern, die allerdings in Teppichböden als Polmaterial kaum eingesetzt werden, finden auch chlororganische Farbbeleuniger (Carrier) als Hilfsmittel Verwendung, die eine schnellere Diffusion der Farbstoffe in die Faser und eine gesteigerte Farbstoffaufnahme bewirken [109].

Bei bedruckten Teppichen werden Druckpasten verwendet, die ebenfalls anorganische und organische Pigmente oder organische Farbstoffe sowie Verdickungsmittel und Chemikalien zum Fixieren der Färbemittel auf der Faser enthalten. Druckereihilfsmittel sind Entschäumer oder Netzmittel [106].

Tab. 27: *Übersicht über Substanzklassen, die in getufteten textilen Bodenbelägen eingesetzt werden können [nach 106]*

Bestandteil	Funktion	Verwendete Substanzklassen
Nutzschicht	Fasern	Kunstfaserteppiche: Polypropylen, Polyamid, Polyacrylnitril (hauptsächlich bei abgepassten Teppichen), Polyester  Naturfaserteppiche: Schurwolle, Kokos, Sisal, Jute, Baumwolle
Grundschicht	Trägermaterial für Fasern	Polypropylen, Polyethylen, Baumwolle, Jute oder Leinen
	Fixierung der Fasern auf dem Trägermaterial	Syntheselatex oder Naturlatex
	<u>Rückenschicht:</u>	Textilien, Syntheselatex oder Naturlatex, Jute, Polyurethanschaum, Bitumen, PVC
	Herstellung Syntheselatex: Vulkanisationsbeschleuniger	Xanthogenate, Dithiocarbamate, Thiurame, Benzothiazole, Guanidine, Thioharnstoffderivate, Amin-Derivate
	Vulkanisationsverzögerer	Organische Säuren (Benzoe- oder Salicylsäure), Phthalsäureanhydrid
	Additive (Syntheselatex)	Antioxidatien (Alterungsschutz), Emulgatoren, Schwefel, Netzmittel, Acrylatverdicker, Kreide (Füllstoff und Deckmittel)

<b>Bestandteil</b>	<b>Funktion</b>	<b>Verwendete Substanzklassen</b>
Grundschicht	Flammschutzmittel	Aluminiumtrihydrat (ATH), Ammoniumpolyphosphat (APP), Chlorparaffine plus Antimontrioxid (ATO), Decabromdiphenylether (DeBDPE), Hexabromcyclododecan (HBCD), Tris(chlorpropyl)phosphat (TCCP)
Chemische Ausstattung	Verringerung der Schmutzempfindlichkeit	Teflonartige Fluorverbindungen
	Verringerung der elektrischen Aufladung bei Kunstfaserteppichen	Kaliumformiat, Ammoniumverbindungen
	Schutz gegen Motten- und Käferfraß bei Wollteppichen	Permethrin
Farbgebung	Färbemittel für gefärbte Teppiche [110]	Anorganische Pigmente (z.B. Titandioxid, Eisen-, Chromoxid, Eisenblau-, Ultramarin und Rußpigmente) Organische Pigmente (z.B. Azopigmente, polyzyklische Pigmente wie Anthrachinon, Metallkomplexpigmente wie Kupferphthalocyanin) Organische Farbstoffe wie z.B. Azofarbstoffe und Metallkomplexfarbstoffe
	Färbereihilfsmittel	Farbstofflösungs-, -dispergier-, -fixier- und -reduktionsmittel, Netz-, Gleit- und Egali-siermittel, Antistatika Chlororganische Farbbelebuniger (Carrier), Einsatz nur bei Polyesterfasern
	Druckpasten für bedruckte Teppiche	Anorganische Pigmente (z.B. Titandioxid, Eisen-, Chromoxid, Eisenblau-, Ultramarin und Rußpigmente) Organische Pigmente (z.B. Azopigmente, polyzyklische Pigmente wie Anthrachinon, Metallkomplexpigmente wie Kupferphthalocyanin) Organische Farbstoffe wie z.B. Azofarbstoffe und Metallkomplexfarbstoffe Verdickungsmittel, Chemikalien zum Fixieren der Färbemittel auf der Faser, Komplexbildner
	Druckereihilfsmittel	Entschäumer, Netzmittel (anionische Tenside)

## **Zusammensetzung von Nadelvlies-Bodenbelägen**

Nadelvlies-Bodenbeläge bestehen oft aus synthetischen Fasern wie Polypropylen oder Polyamid oder einer Kombination aus beiden. Bei Bedarf wird das Faservlies mit einem Rücken verstärkt oder mit Bindemitteln auf Syntheselatex- oder Acrylatbasis getränkt [84]. Die Imprägnierung kann nur entweder für die Nutzschicht oder für die Grundschicht erfolgen (Teilimprägnierung) oder für den gesamten Nadelvlies-Bodenbelag (Vollimprägnierung). Nadelvlies-Bodenbeläge in Fliesenform erhalten oft eine Schwerbeschichtung mit Bitumen, PVC oder amorphen Poly(alpha)olefinen (APO). Eine Ausrüstung mit Flammschutzmitteln findet in der Regel nicht statt [108].

### **6.2.1.2 Elastische Bodenbeläge**

Als elastische Bodenbeläge werden vorgefertigte Produkte in Form von Bahnen oder Platten bezeichnet, die die Fähigkeit besitzen, sich nach dem Zusammendrücken bis zu einem gewissen Grad zu erholen [111]. Zu den elastischen Bodenbelägen zählen PVC, Polyolefine, Linoleum, Gummi und Kork.

#### **6.2.1.2.1 PVC-Bodenbeläge**

PVC-Bodenbeläge lassen sich in Beläge mit Trägerschicht und Beläge ohne Trägerschicht einteilen. Als Trägerschicht wird hauptsächlich Glas- und Polyestervlies, Kork oder Jutefilz verwendet. Eine weitere Einteilung erfolgt in Bodenbeläge, die in kompakter Form oder als geschäumte Bodenbeläge (Cushioned Vinyls – CV-Beläge) hergestellt werden. Bei den kompakten Belägen besteht das Material aus einer homogenen Schicht oder aus mehreren Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften. Geschäumte PVC-Bodenbeläge enthalten ein eingebettetes Glasfaservlies, auf das eine PVC-Schaumschicht aufgebracht ist [112].

PVC-Bodenbeläge bestehen nur ungefähr zur Hälfte aus dem Basispolymer Polyvinylchlorid (PVC). Die andere Hälfte sind Zusatzstoffe zur Erreichung der gewünschten Eigenschaften wie Elastizität und Beständigkeit gegen Licht und Temperatureinflüsse [113]. Als Zusatzstoffe werden die in Tabelle 28 dargestellten Substanzklassen eingesetzt. Ungefähr 10 % des in Westeuropa abgesetzten PVC's wird für Fußbodenbeläge eingesetzt [114]. Aufgrund ihrer Relevanz werden die Zusatzstoffe Weichmacher und Stabilisatoren ausführlicher dargestellt.

### **Weichmacher**

Weichmacher sind organische Verbindungen, die in die PVC-Kunststoffmatrix eingelagert werden, um die Elastizität zu erhöhen. Der Anteil in PVC-Bodenbelägen kann zwischen 10 und 20 % Weichmacher liegen [113]. Als Weichmacher werden hauptsächlich Phthalsäureester eingesetzt. Der wichtigste Weichmacher ist Bis-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP, auch DOP genannt). In den letzten Jahren gelangt Diisononylphthalat (DINP) vermehrt zum Einsatz [112]. DEHP, DINP und Diisodecylphthalat (DIDP) erreichen einen Marktanteil von mehr als 80 % bei den produzierten Phthalaten [115]. In Westeuropa werden jährlich ca. 1 Mio. t Phthalate hergestellt, davon gehen 90 % als Weichmacher in die PVC-Herstellung [116].

Eine geringere Bedeutung als Weichmacher haben Ester der Adipinsäure, Ester der Zitronensäure sowie Alkylsulfonsäureester. Weitere Beispiele für einsetzbare Weichmacher sind Dipropylenglykoldibenzoat (DGD), Trimethylpentandioliisobutyrat (TXIB), Sebacate und Acellate [112, 117].

Als sogenannte Sekundärweichmacher finden auch Chlorparaffine Einsatz, die gleichzeitig als Flammenschutzmittel dienen [118]. Eingesetzt werden meist mittelkettige Chlorparaffine ( $C_{14}$  bis  $C_{17}$ ) mit einem Chlorierungsgrad von 40 – 60 % [117].

### Stabilisatoren

Stabilisatoren werden dem PVC zugegeben, um es gegen Zersetzung durch Temperaturinfluss, Sauerstoff und Licht zu schützen [117]. Einsatz finden hauptsächlich Stabilisatoren aus Blei, Calcium-Zink und zinnorganische Verbindungen [112]. Cadmiumhaltige Stabilisatoren finden in der Europäischen Union kaum noch, bleihaltige Stabilisatoren jedoch noch sehr häufig Verwendung [117]. In PVC-Bodenbelägen werden als Stabilisatoren vorwiegend Calcium-Zink-Verbindungen eingesetzt [112].

Als zinnorganische Verbindung findet hauptsächlich Dibutylzinn (DBT), aber auch Tributylzinn (TBT) Verwendung. So enthielten 12 von 15 im Rahmen von Ökotest untersuchten PVC-Bodenbelägen zinnorganische Verbindungen [119].

Die folgende Tabelle stellt im Überblick die in PVC verwendeten Additive, ihre Funktion und die verwendeten Substanzklassen dar.

Tab. 28: Beispiele für Additive und ihre Funktion in PVC

Additiv	Funktion	Verwendete Substanzklassen
Weichmacher	Sicherung der Elastizität	<u>Phthalsäureester:</u> Bis-(2-ethylhexyl-)phthalat (DEHP) Diisononylphthalat (DINP) Dibutylphthalat (DBP) Butylbenzylphthalat (BBP) Diisodecylphthalat (DIDP) Di(n)octylphthalat (DNOP) Diisopentylphthalat (DIPP) <u>Weitere Weichmacher [112, 117]:</u> Adipinsäureester z.B. Bis(2-ethylhexyl)adipat Zitronensäureester z.B. Acetyltributylcitrat Cyclohexandicarbonsäureester Alkylsulfonsäureester Dipropylenglykoldibenoat (DGD) Trimethylpentandioldiisobutyrat (TXIB) Sebacetate Acellate Chlorparaffine
Stabilisatoren	Stabilisierung gegen Licht- und Temperatur-einflüsse	Cadmium-Stabilisatoren Blei-Stabilisatoren Organozinn-Stabilisatoren Calcium-Zink-Stabilisatoren

Additiv	Funktion	Verwendete Substanzklassen
Pigmente [110]	Einfärben von Kunststoffen	Anorganische Pigmente (z.B. Titandioxid, Eisen-, Chromoxid, Eisenblau-, Ultramarin und Rußpigmente), Bleichromat [41] Organische Pigmente (z.B. Azopigmente, polzyklische Pigmente wie Anthrachinon, Metallkomplexpigmente wie Kupferphthalocyanin)
Füllstoffe	Verbesserung der Verarbeitbarkeit und des Gebrauchsverhaltens (Einsatz bis zu 50 % des PVC-Materials) [56]	Calciumcarbonat (Kreide) hydratisiertes Magnesiumsilikat (Talkum) Schwerspat
Flammschutzmittel [43, 56]	Erhöhung der Flammfestigkeit	Aluminiumtrihydrat (ATH) Phosphorsäureester Antimontrioxid (ATO) Chlorparaffine
Gleitmittel	Verbesserung des Fließverhaltens bei der thermoplastischen Verarbeitung (Einsatz bis zu 3 % des PVC-Materials) [56]	z.B. Wachse
Antistatika	Verringerung der elektrischen Aufladung	z.B. Perchlorate
Netzmittel	Herabsetzung der Oberflächenspannung	z.B. Ester langkettiger Alkohole
Armierung	Verstärkung bei geschäumten PVC-Bodenbelägen	z.B. Glasfasern

### 6.2.1.2.2 Polyolefin-Bodenbeläge

Für Polyolefin-Bodenbeläge existieren bisher keine Produktnormen. Die Anforderungen orientieren sich nach Angaben von Herstellern an den vorhandenen Normen für elastische Bodenbeläge [120].

Die Bodenbeläge bestehen aus Polyolefinen, wobei hauptsächlich Polyethylen und Polypropylen eingesetzt wird. Durch Zugabe eines Copolymers wie z.B. Ethylenvinylacetat (EVA), einem inneren Weichmacher, wird die Elastizität des Belags erreicht. Als Füllstoffe können bis zu 70 % getrocknete Gesteinsmehle wie Kreide oder Kaolin zugesetzt werden. Weitere Additive sind Farbpigmente wie z.B. Titandioxid, Eisenoxid. Den Oberflächenschutz bildet meistens eine Schicht aus Acryldispersion oder Polyurethan [84]. Da Polyolefine leicht entflammbar sind, werden auch Flammschutzmittel eingesetzt. Das mengenmäßig relevanteste Flammschutzmittel bei der Polyolefinherstellung ist Aluminiumtrihydrat (ATH) [121].

### 6.2.1.2.3 Linoleum-Bodenbeläge

Bei Linoleum handelt es sich um einen Bodenbelag, der durch das Auswalzen eines homogenen Gemisches aus [84, 122, 123, 124]:

- Linoleum-Zement
- Kork- und/oder Holzmehl (29 – 35 %)
- Farbpigmenten auf Calcium-, Eisen oder Manganbasis
- anorganischen Füllstoffen (z.B. Kalkstein) (23 – 28 %)

auf einem Faserstoff-, Schaumstoff- oder Korkrücken hergestellt wird. Ein oxidativer Vernetzungsprozess bei 90 °C versetzt den Belag in den endgültig nutzbaren Zustand.

Der als Bindemittel fungierende Linoleum-Zement besteht aus einem Gemisch aus

- Leinöl (75 – 80 %) oder anderen trocknenden pflanzlichen Ölen
- Baumharz (Kolophonium, Kiefernharz) (20 – 25 %)
- Trocknungsbeschleunigern (Sikkative)

In der Regel besitzen Linoleumböden eine dünne Oberflächenschutzschicht aus Polyacrylat oder PVC [125].

### 6.2.1.2.4 Gummi-Bodenbeläge (Elastomere)

Elastomer-Beläge nach DIN EN 1816, 1817, 12199 und 14521 (Entwurf) bestehen aus Natur- oder Synthesekautschuk [126, 127, 128, 129]. Sie können homogen (einschichtig) oder heterogen (mehrschichtig) – DIN EN 1817 und DIN EN 12199 - oder mit einer Dekorschicht – DIN EN 14521 – gefertigt werden. Bodenbeläge nach DIN EN 1816 sind mit einem Schaumrücken ausgestattet.

Die am häufigsten verwendeten Kautschuke sind Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) und Naturkautschuk (NR). Andere Kautschuke wie Butylkautschuk (IIR), Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM) oder Ethylen-Propylen-Terpolymer (EPDM) finden in geringerer Menge Verwendung.

Zusätzlich zu den verwendeten Kautschuken bestehen die Bodenbeläge aus Füllstoffen, Pigmenten und Verarbeitungshilfsmitteln. Die klassische Vernetzung erfolgt mit elementarem Schwefel unter Zusatz von Vulkanisationsbeschleunigern. Durch den Zusatz von Alterungsschutzmitteln werden Elastomerbeläge gegen Licht- und Sauerstoffeinflüsse geschützt. Aufgrund der elastischen Eigenschaften des vernetzten Polymers ist der Einsatz von Weichmachern nicht notwendig [130].

Eine Rahmenrezeptur für Elastomerbeläge besteht aus ca. 35 % Kautschuk, 50 – 60 % anorganischen Füllstoffen wie z.B. Ton und Kaolin, 5 % Pigmente, 1,5 % Schwefel und Verarbeitungshilfsmitteln [130].

### 6.2.1.2.5 Kork-Bodenbeläge

Bodenbeläge aus Kork werden hauptsächlich als Presskorkplatten oder als Kork-Fertigparkett eingesetzt. Presskork nach DIN EN 12104 wird durch das Verpressen von Korkgranulat unter Zusatz eines Bindemittels hergestellt. Die Bodenbeläge können mit weiteren Schichten aus dekorativem Werkstoff beschichtet werden wie z.B. dekorative Kork- oder Holzfurniere. Eine Oberflächenbeschichtung der Kork-Bodenbeläge er-

folgt schon bei der Herstellung (i.d.R. dünner als 0,05 mm) oder erst nach dem Verlegen [131].

Als Bindemittel für Presskork werden Formaldehydharze (Phenol-, Harnstoff- oder Melaminformaldehydharze), Polyurethanharze oder natürliche Öle wie z.B. Cashewnussöl eingesetzt [132].

Korkgranulat und die eingesetzten Bindemittel enthalten normalerweise keine relevanten Schwermetallmengen. Der Einsatz von Pestiziden bei der Korkgewinnung und – herstellung ist unüblich, da Kork gegenüber Insekten und Schimmelpilzen nicht anfällig ist [132].

#### 6.2.1.3 Laminat-Bodenbeläge

Laminat-Bodenbeläge werden nach der europäischen Norm DIN EN 13329 als Fußbodenbelag definiert, der aus einer Deckschicht mit einer oder mehreren dünnen Lagen eines faserhaltigen Materials (i.d.R. Papier) besteht, das mit aminoplastischen, wärmehärtbaren Harzen imprägniert ist. Diese Papierlagen werden durch gleichzeitige Anwendung von Hitze und Druck (Hochdrucklaminate – HPL, kontinuierlich gepresste Laminate – CPL) oder direkt auf das Trägermaterial verpresst (DPL) [133]. Als aminoplastisches Harz wird bei der obersten Nutzschicht (Overlay) hauptsächlich Melaminharz eingesetzt. Je nach Laminattyp wird bei den darauf folgenden Papierschichten (Underlays) das preisgünstigere Phenolharz verwendet [84]. Melamin- und Phenolharze entstehen durch die Umsetzung von Melamin und Phenol mit Formaldehyd.

Das Trägermaterial ist in der Regel eine Spanplatte nach DIN EN 309 oder eine Faserplatte mittlerer Dichte (MDF) oder hoher Dichte (HDF) nach DIN EN 316 [134, 135]. Die Trägerplatten können Chemikalien als Quellschutz (Kantenhydrophobierung) enthalten [84].

Nach DIN EN 309 werden *Spanplatten* durch das Verpressen von kleinen Teilen aus Holz und/oder anderen lignozellulosehaltigen Teilchen (z.B. Flachsschäben, Hanfschäben, Bagasse) mit Klebstoffen unter Hitzeeinwirkung hergestellt [134]. Bei der Herstellung von Spanplatten werden 5 – 10 % Bindemittel eingesetzt (bezogen auf die Holzmasse). Ca. 90 % der Spanplatten im Innenbereich sind mit Harnstoff-Formaldehyd-Harz (UF-Harz) gebunden. Bei der chemischen Reaktion von Harnstoff und Formaldehyd verbleibt ein kleiner Anteil an nicht gebundenem Formaldehyd, der emittieren kann [84].

*Faserplatten* nach DIN EN 316 entstehen unter Anwendung von Hitze und/oder Druck aus Lignozellulosefasern [135]. Die Bindung beruht auf der Verfilzung der Fasern und deren inhärenter Verklebungseigenschaft oder auf der Zugabe eines synthetischen Bindemittels. Mehr als 90 % der MDF-Platten sind mit Harnstoff-Formaldehydharz mit einem Melaminanteil von 2 – 8 % (MUF-Harz) verleimt [84].

Beim Laminat-Bodenbelag wird auf der der Deckschicht abgewandten Seite des Trägermaterials ein Gegenzug aufgebracht, um das Produkt auszugleichen und zu stabilisieren. Der Gegenzug besteht üblicherweise aus einem Hochdruck- oder kontinuierlich gepressten Laminat, imprägnierten Papieren oder Furnieren [133].

#### 6.2.1.4 Bodenbeläge aus Massivholz und Holzwerkstoffen

Holzfußböden können aus Massivholz (Einschichtaufbau) oder aus mehreren Lagen Holz und Holzwerkstoffen (Mehrschichtaufbau) bestehen.

Bei **Holzfußböden aus Massivholz** kann zwischen Massivholzparkett und Massivholzdielen unterschieden werden. Massivholzparkett wird als Einschichtparkett hergestellt, das üblicherweise als Stabparkett, Mosaikparkett, Lamparkett und Hochkantlamellenparkett gefertigt wird.

Massivholzdielen bestehen aus Laub- oder Nadelholz. Nadelholzdielen sind Bretter mit Nut und Feder. Laubholzdielen aus Vollholz werden aus mehreren Stücken (Riemen) durch Schwalbenschwanzzinkung, Schmalseiten- oder Stirnseitenverleimung zusammengesetzt [136].

**Mehrschichtparkett** nach DIN EN 13489 wird aus Mehrschichtparkettkomponenten hergestellt. Diese Elemente bestehen aus einer Nutzschicht aus Massivholz und einer oder mehreren zusätzlichen Holz- oder Holzwerkstoffschichten, die miteinander verleimt sind. Die Dicke der Nutzschicht muss größer als 2,5 mm sein [137].

Die Zusammensetzung der eingesetzten Holzwerkstoffe (Spanplatten, Faserplatten) wurde bereits bei den Laminat-Bodenbelägen (Kap. 6.2.1.3) beschrieben.

Alle dargestellten Arten der Holzfußböden können schon im Werk mit einer Oberflächenbehandlung versehen oder vor Ort versiegelt werden. Die nach den Produktnormen für Holzfußböden hergestellten Bodenbeläge können mit Bioziden behandelt werden. In der CE-Kennzeichnung ist die Schutzbehandlung gegen biologischen Befall nach EN 351-1 [138] anzugeben.

#### 6.2.2 Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Bodenbelägen

Aus Bodenbelägen können bei Raumtemperatur flüchtige organische Verbindungen freigesetzt werden, die Bestandteile vieler in Bodenbelägen verwendeten Produkten und Materialien sind. Eine Freisetzung der organischen Verbindungen in die Innenraumluft kann durch Emission in die Raumluft oder durch Abrieb und Bindung an den Hausstaub erfolgen. Eine Aufnahme der Verbindungen durch den Nutzer kann inhalativ über die Atemluft, oral über den Hausstaub oder dermal über Körperkontakt mit dem Bodenbelag erfolgen.

Aufgrund der enormen Stoffvielfalt bei Bodenbelägen ist eine gesundheitliche Bewertung der freigesetzten organischen Verbindungen schwierig. In der Vergangenheit wurde in der Regel die Summenkonzentration aller flüchtigen organischen Verbindungen (Total volatile organic compounds – TVOC) bewertet. Von der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes wurden für Einzelstoffe (Toluol, Styrol) und für TVOC Richtwerte vorgegeben. Für TVOC wurden Konzentrationsbereiche gewählt, da die Festlegung von Zahlenwerten mit großen Unsicherheiten bei der Ableitung behaftet waren. Nach Aussage der IRK ist in Räumen mit einer TVOC-Konzentration zwischen 10 und 25 mg/m<sup>3</sup> ein Aufenthalt allenfalls vorübergehend täglich zumutbar (derartige Konzentrationen können im Falle von Renovierungen auftreten). In Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, sollte auf Dauer ein TVOC-Wert im Bereich von 1-3 mg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden. Als Ziel sollte in Innenräumen im langzeitigen Mittel eine TVOC-Konzentration von 0,2 bis 0,3 mg/m<sup>3</sup> erreicht bzw. nach Möglichkeit unterschritten werden [139]. Eine weitergehende Bewer-

tung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen erfolgt durch das im Kapitel 6.1.1 dargestellte VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB [21].

Schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) sind bei einer gesundheitlichen Beurteilung besonders zu beachten, da sie nicht nur vorübergehend nach der Fertigstellung des Bauwerks oder nach einer Renovierung auftreten, sondern langfristig die Innenraumluft belasten können.

Bei der Freisetzung von flüchtigen organischen Verbindungen ist zu berücksichtigen, dass Bodenbeläge oft in Kombination mit Klebern verwendet werden und eine Behandlung des Untergrunds mit Grundierung und Spachtelmasse stattfinden kann. Die kombinierten Materialien beeinflussen sich gegenseitig und können als Einzelkomponente ein unterschiedliches Emissionsverhalten aufweisen. So zeigte sich z.B. bei einzelnen Untersuchungen, dass Innenraumbelastungen, die mit Gesundheitsbeeinträchtigungen oder Geruchsbelästigungen einhergingen, nicht immer auf den Bodenbelag sondern teilweise auch auf den verwendeten Kleber zurückzuführen waren [141].

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird die Einzelkomponente "Bodenbelag" betrachtet, da sich das Mandat "Bodenbeläge" nur auf diese Produkte bezieht.

Zur Emission von VOC und SVOC aus Bodenbelägen sind bisher nur wenige Daten veröffentlicht worden. Durch die häufige Veränderung der Produkte können auch aus älteren Untersuchungen kaum Informationen für neuere Materialien abgeleitet werden [142].

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse von Emissionsmessungen sollen Anhaltspunkte dafür geben, welche VOC und SVOC verstärkt aus den verschiedenen Bodenbelägen emittieren können. Aufgrund unterschiedlicher Prüfmethoden und unterschiedlicher TVOC-Definitionen ist eine Bewertung der Messergebnisse mit dem VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB (siehe. Kap. 6.1.1) nicht möglich.

Aufgrund der auf europäischer Ebene unzureichenden Bewertung der Innenraumluftbelastung hat im Herbst 2003 die gemeinsame Forschungsstelle (GFS) der Europäischen Kommission in Ispra, Italien, das neue Projekt "INDEX" zur kritischen Bewertung der Festlegung und Umsetzung von EU-Grenzwerten für die Exposition in Innenräumen gestartet. Als Ergebnis des Projekts wird eine Prioritätenliste mit Stoffen, deren Vorkommen in Innenräumen reguliert werden muss sowie Vorschläge und Empfehlungen zu möglichen Expositionsgrenzwerten für diese Stoffe erwartet [140].

## **Freisetzung von VOC und SVOC**

Im Rahmen einer Studie des Instituts für Umwelt und Gesundheit (IUG) wurden bei Prüfkammermessungen von Teppichböden aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Styrol, Toluol, m/p-Xylol und 2-Ethyltoluol nachgewiesen, die in der Rückenschicht aus Syntheselatex enthalten sind. Diese flüchtigen Stoffe werden in der Regel in kurzen Zeiträumen freigesetzt. Bei der Freisetzung von Benzol ist darauf hinzuweisen, dass Lagerung und Transport der Probe eine große Rolle spielen, da es aufgrund der ubiquitären Verbreitung von Benzol zu einer Verunreinigung des Probenstücks kommen kann. Eine Freisetzung der flüchtigen n- und Cycloalkane (z.B. n-Hexan, n-Heptan bis n-Hexadecan, Cyclohexan) aus Teppichböden konnte ebenfalls festgestellt werden. Weiterhin wurden geringe Mengen Formaldehyd (Methanal) gemessen. Höhere Aldehyde und Ketone (z.B. Acetaldehyd (Ethanal), Propionaldehyd, Butyraldehyd, Aceton, Cyclohexanon), die ebenfalls nachgewiesen wurden, gelangen über trocknende Öle, die in Bindemitteln in Bodenbelägen eingesetzt werden, in den Innenraum [106].

In einer Studie zu VOC- und SVOC-Emissionen aus Fußbodenaufbauten und den dafür verwendeten Materialien konnte bei Prüfkammermessungen aus allen untersuchten textilen Bodenbelägen eine Freisetzung der aliphatischen Kohlenwasserstoffe Penta-

decan, Tetradecan und Heptadecan nachgewiesen werden. In Teppichböden aus Naturfasern wurde eine Freisetzung von Essigsäure festgestellt [143]. Essigsäure wird bei der Farbgebung von Teppichböden als pH-Regulant eingesetzt.

Die in PVC-Bodenbelägen eingesetzten Weichmacher sind ohne chemische Bindung nur locker an die PVC-Matrix gebunden. Die Freisetzung der schwerflüchtigen Weichmachermoleküle findet durch Migration der Moleküle an die Belagsoberfläche und anschließende Emission statt [144]. Weichmacher sind schwerflüchtig und lagern sich nach dem Austritt aus dem Material an größere Teilchen z.B. den Hausstaub an. Pro Jahr emittiert etwa 1 % der Gesamtmenge an Weichmachern aus dem PVC-Bodenbelag [117].

Im Jahr 1991 wurden in Innenräumen bei der Untersuchung von 40 Raumluftproben aus Berliner Haushalten in der Raumluft Phthalate gemessen. Dabei lag die Konzentration des hauptsächlich eingesetzten Weichmachers Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) im Mittel bei 480 ng/m<sup>3</sup> und bei Dibutylphthalat (DBP) bei 3.000 ng/m<sup>3</sup>. Als Höchstwerte wurden 2.200 ng/m<sup>3</sup> DEHP und 33.000 ng/m<sup>3</sup> DBP gemessen [145].

Neben Weichmachern können auch Phenole und 2-Ethylhexanal von Bodenbelägen aus PVC emittiert werden. In einer Fallstudie wurden diese Verbindungen als Urheber von Geruchsbelästigungen und gesundheitlichen Beschwerden bewertet [146].

Bei Linoleumböden können durch den oxidativen Abbau des Leinöls, das hauptsächlich aus Öl-, Linol- und Linolensäure besteht, Oxidationsprodukte wie z.B. Aldehyde freigesetzt werden, die in der Regel auch für die Geruchsbelastung von neuen Böden verantwortlich sind. Das Emissionsverhalten von Linoleumböden ist von Produkt zu Produkt sehr unterschiedlich und hängt wesentlich vom Trockungsprozess des Bodenbelags ab. Nachweisbar sind in der Regel aliphatische Aldehyde (v.a. Hexanal und höhere Aldehyde). Minderwertige Bodenbeläge emittieren oft Acetaldehyd sowie aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe [125].

Bodenbeläge aus Holzwerkstoffen können VOC und SVOC z.B. Phenol aus den eingesetzten Bindemitteln emittieren. Eine weitere Emissionsquelle für die Freisetzung von VOC und SVOC ist die werkseitige Oberflächenbeschichtung. Bei Mehrschichtparkett werden oft UV-härtende Lacksysteme eingesetzt, die geruchsintensive Stoffe freisetzen können. Bei Holzfußböden aus Massivholz werden oft Polyurethan-Lacke, sährährtende Lacke und Wasserlacke eingesetzt, die vor allem in den ersten Wochen VOC und SVOC emittieren [147]. Bei Laminatböden wurde weiterhin nachgewiesen, dass die Emission von VOC durch eine Fußbodenheizung gesteigert werden kann [148].

Um Aussagen über das Langzeitverhalten bei der Emission von VOC und SVOC aus Bodenbelägen machen zu können, ist die Kenntnis über den zeitlichen Verlauf der Emission wichtig. Emissionsuntersuchungen in der Prüfkammer haben gezeigt, dass bedingt durch die geringeren Dampfdrücke, SVOC langsamer als VOC emittieren, dafür aber über einen längeren Zeitraum. Die Emission von flüchtigen organischen Verbindungen zeigt ein deutliches Abklingverhalten über die 24-Stunden-Werte, 3-Tage- und 28-Tage-Werte. Flüchtige Verbindungen wie z.B. Toluol erreichen in der Prüfkammer innerhalb einer Stunde die maximale Konzentration und klingen dann innerhalb von 24 Stunden auf eine Konzentration unter 10 % des Maximalwertes ab. Schwerflüchtige Verbindungen sind dagegen über Wochen nachweisbar [Vankann, 2003, Wilke, 2003].

### **Freisetzung von geruchsintensiven Stoffen**

Viele der oben aufgeführten flüchtigen organischen Verbindungen sind auch bei Geruchsemissionen relevant, da der langanhaltende Geruch von Bodenbelägen immer wieder zu Beanstandungen führt und auch Gesundheitsbeschwerden wie Kopfschmerzen und Übelkeit verursachen kann.

Zu den geruchsintensiven Stoffen aus textilen Bodenbelägen, die über einen längeren Zeitraum freigesetzt werden können, zählen vor allem Cyclohexen-Derivate aus der Rückenschicht aus Syntheselatex. Die Stoffe 4-Phenylcyclohexen (4-PCH), 4-Vinylcyclohexen (4-VCH) und 2-Ethyl-1-hexanol können als Nebenprodukte bei der Herstellung von Syntheselatex aus den Monomeren Styrol und Butadien entstehen. Dabei riechen 4-PCH und 4-VCH sehr unangenehm und haben eine niedrige Geruchsschwelle von ca. 2 µg/m<sup>3</sup> [106]. Cyclohexen-Derivate werden nur langsam freigesetzt und können oft noch nach Jahren sensorisch ermittelt werden. Die Freisetzung von Cyclohexen-Derivaten bestätigt auch ein Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM) zur Untersuchung und Ermittlung emissionsarmer Klebstoffe und Bodenbeläge. Bei 14 geprüften textilen Bodenbelägen emittierten 10 Bodenbeläge nach 28 Tagen noch zwischen 1 und 18 µg/m<sup>3</sup> 4-PCH [143].

Weitere geruchsintensive Stoffe sind Dodecene (C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>), die aus Dodecylmercaptan, einem Regler für die Reaktion von Styrol mit Butadien, entstehen. Einen charakteristischen Geruch weisen auch Ethylacetat und n-Butylacetat der Gruppe der Essigsäureester auf, wobei n-Butylacetat ebenfalls eine geringe Geruchsschwelle auszeichnet [106].

### **Freisetzung von Formaldehyd**

Beim Einsatz von Melamin-Formaldehydharz und Phenol-Formaldehydharz in Laminatbodenbelägen, Mehrschichtparkett und Korkbodenbelägen kann Formaldehyd aus der Holzwerkstoffplatte, der Verleimung, aber auch aus der Oberflächenversiegelung freigesetzt werden.

Prüfkammermessungen des Wilhelm-Klauditz-Instituts für Holzforschung ergaben für Laminatböden Werte von 0,005 bis 0,03 ppm Formaldehyd aus den untersuchten Laminatböden, die als gering einzuschätzen sind [149]. Eine andere Studie zeigte jedoch, dass durch eine Fußbodenheizung die Formaldehydemissionen aus Laminatböden erheblich erhöht werden [148].

### **Gehalt/Freisetzung von Pestiziden**

Das bei Wollteppichen oft eingesetzte Insektizid Permethrin kommt aufgrund des sehr geringen Dampfdrucks in der Raumluft hauptsächlich partikelgetragen vor und gelangt durch den Abrieb von Teppichfasern in den Hausstaub, der wiederum durch Aufwirbelung vom Menschen eingeatmet werden kann. Die Gesundheitsgefahr für den Menschen durch die Aufnahme von Permethrin wird kontrovers diskutiert [150, 151].

### **Gehalt/Freisetzung von Schwermetallen**

Aus PVC-Bodenbelägen können schwermetallhaltige Verbindungen der Stabilisatoren, wie z.B. zinnorganische Verbindungen, über den Abrieb des PVC-Bodens in die Raumluft gelangen [119].

### 6.2.3 Handlungsempfehlungen

Die wesentliche Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" ist in den harmonisierten europäischen Bodenbelagsnormen noch nicht umgesetzt. Bisher existieren drei sogenannte Deckelnormen, die die Anforderungen an den Gesundheits- und Umweltschutz für die einzelnen Bodenbelagsnormen abdecken sollen. In diesen Deckelnormen werden jedoch nur die Einzelstoffe Formaldehyd und Pentachlorphenol geregelt, die auch im Mandat 119 für Bodenbeläge genannt werden.

Im folgenden Kapitel werden die Deckelnormen mit den dazugehörigen Produktnormen aufgeführt sowie Handlungsempfehlungen für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen ausgesprochen, die bei der Überarbeitung der harmonisierten technischen Spezifikationen für Bodenbeläge berücksichtigt werden sollten, da die vorliegenden Deckelnormen nicht ausreichend sind, um die in der Bauproduktenrichtlinie geforderte Nichtgefährdung des Nutzers von Bauwerken zu gewährleisten. Die aufgeführten Anforderungen an den Gesundheits- und Umweltschutz sollten bei der Überarbeitung der Deckelnormen ergänzt oder als konkrete Anforderungen in den Produktnormen der einzelnen Belagsarten aufgeführt werden.

#### 6.2.3.1 Bisherige Anforderungen an Gesundheit und Umweltschutz in der ersten Normengeneration

##### DIN EN 14041 (Entwurf): Elastische, textile und Laminatbodenbeläge – Anforderungen für Gesundheit, Sicherheit und Energieeinsparung

Die derzeitigen Anforderungen an den Gesundheitsschutz für textile und elastische Bodenbeläge sowie Laminat-Beläge regelt die Deckelnorm DIN EN 14041 (Entwurf). In der vorliegenden Entwurfsversion werden in Bezug auf den Gesundheitsschutz nur die Freisetzung von Formaldehyd und der Gehalt an Pentachlorphenol aufgeführt [152].

Beim Einsatz von formaldehydhaltigen Materialien, ist nach dem Normentwurf die Freisetzung von Formaldehyd nach DIN EN 717-1 [153] oder DIN EN 717-2 [154] zu bestimmen und die Formaldehydklasse E1 oder E2 in der CE-Kennzeichnung anzugeben. Produkte, die keine formaldehydhaltigen Materialien enthalten, müssen nicht gekennzeichnet werden; sie können auch ohne Prüfung als Klasse E1 eingestuft werden. Als Kritikpunkt an dem Normentwurf ist anzumerken, dass die Regelung zu Formaldehyd der deutschen Gesetzgebung widerspricht. In Deutschland ist bereits das Inverkehrbringen von Holzwerkstoffen der Formaldehydklasse E2 verboten. In dem europäischen Normentwurf muss auf diesen Sachverhalt z.B. durch den Hinweis, dass in Deutschland keine Produkte der Formaldehydklasse E2 in Verkehr gebracht werden dürfen, aufmerksam gemacht werden.

In Bezug auf das Biozid Pentachlorphenol (PCP) fordert die Norm, dass die Bodenbeläge kein Pentachlorphenol oder Derivate davon enthalten dürfen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn der Gehalt an PCP kleiner als 0,1 M.-% ist. Dies entspricht 1 g PCP pro kg Bodenbelag. Nach der deutschen Chemikalienverbotsverordnung ist das Inverkehrbringen von Erzeugnissen, die mehr als 5 mg PCP pro kg in den von der Behandlung erfassten Teilen (0,0005 M.-%) enthalten, verboten [99]. Die europäische Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG verbietet das Inverkehrbringen von Stoffen und Zubereitungen, die mehr als 0,1 M.-% PCP enthalten [10]. Die Richtlinie nimmt jedoch keinen Bezug auf Erzeugnisse. Die Übernahme dieses Grenzwerts für das Erzeugnis Bodenbelag ist nicht zweckmäßig. Neben der deutschen abweichenden Regelung zu

PCP hat die Europäische Kommission auch den niederländischen und dänischen Verschärfungen zu der europäischen Anforderung an PCP zugestimmt <sup>22</sup>. Diese nationalen Schutzniveaus müssen in einer harmonisierten europäischen Norm durch eine Festlegung von Stufen oder Klassen umgesetzt werden.

Als Kritikpunkt ist weiterhin anzumerken, dass die Norm keine Regelungen zum Einsatz von Abfällen z.B. Gebrauchtholz in Holzwerkstoffen enthält.

Die Deckelnorm DIN EN 14041 (Entwurf) bezieht sich auf die in der folgenden Tabelle dargestellten Produktnormen.

*Tab. 29: Produktnormen für textile, elastische und laminierte Bodenbeläge, die in DIN EN 14041, Anhang A (Entwurf) aufgelistet sind [152]*

Norm	Titel	Status
DIN EN 14041 (Entwurf)	Elastische, textile Bodenbeläge und Laminatböden – Wesentliche Eigenschaften	Formal Vote
<b>Textile Bodenbeläge</b>		
EN 1307 (Entwurf)	Textile Bodenbeläge – Einstufung von Polteppichen	Under approval
EN 1470 (Entwurf)	Textile Bodenbeläge – Einstufung von Nadelvlies-Bodenbelägen, ausgenommen Polvlies-Bodenbeläge	Under development
EN 13297 (Entwurf)	Textile Bodenbeläge – Einstufung von Polvlies-Bodenbelägen	Under development
DIN EN 14215	Textile Bodenbeläge – Einstufung von maschinengefertigten abgepassten Polteppichen und Läufern	September 2003
<b>Elastische Bodenbeläge</b>		
<b>PVC-Bodenbeläge</b>		
EN 649/prA1 (Entwurf)	Elastische Bodenbeläge – Homogene und heterogene Polyvinylchlorid-Bodenbeläge – Spezifikation	Under Approval
DIN EN 650	Elastische Bodenbeläge – Bodenbeläge aus Polyvinylchlorid mit einem Rücken aus Jute oder Polyestervlies oder auf Polyestervlies mit einem Rücken aus Polyvinylchlorid - Spezifikation	Januar 1997

22 94/783/EG: Entscheidung der Kommission vom 14. September 1994 über das von Deutschland gemeldete Verbot von Pentachlorphenol, Amtsblatt Nr. L 316 vom 09.12.1994, S. 0043 – 0048

96/211/EG: Entscheidung der Kommission vom 26. Februar 1996 über das von Dänemark gemeldete Verbot von Pentachlorphenol (PCP), Amtsblatt Nr. L 068 vom 19.03.1996, S. 0032 – 0040

1999/832/EC: Entscheidung der Kommission vom 26. Oktober 1999 zu den vom Königreich der Niederlande notifizierten nationalen Bestimmungen über die Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung von Pentachlorphenol (PCP), Amtsblatt Nr. L 329 vom 22.12.1999, S. 0015 – 0024

Norm	Titel	Status
EN 651/prA1 (Entwurf)	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit einer Schaumstoffschicht – Spezifikation	Under Approval
DIN EN 652	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit einem Rücken auf Korkbasis - Spezifikation	Januar 1997
DIN EN 653	Elastische Bodenbeläge - Geschäumte Polyvinylchlorid-Bodenbeläge - Spezifikation	Januar 1997
EN 654:1996/A1 (Entwurf)	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Flex-Platten – Spezifikation	Under Approval
DIN EN 655	Elastische Bodenbeläge - Platten auf einem Rücken aus Presskork mit einer Polyvinylchlorid-Nutzschicht – Spezifikation	Januar 1997
DIN EN 13413	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit einem Rücken aus Fasermaterial - Spezifikationen	März 2002
DIN EN 13553	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge zur Anwendung in besonderen Nassräumen – Spezifikation	Juli 2002
DIN EN 13845 (Entwurf)	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit erhöhtem Gleitwiderstand - Spezifikation	September 2003
<b>Linoleum-Bodenbeläge</b>		
EN 548 (Entwurf)	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für Linoleum mit und ohne Muster	Under development
DIN EN 686	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für Linoleum mit und ohne Muster mit Schaumrücken	September 1997
DIN EN 687	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für Linoleum mit und ohne Muster mit Korkmentrücken	September 1997
DIN EN 688	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für Korklinoleum	September 1997
<b>Gummi-Bodenbeläge</b>		
DIN EN 1816	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für homogene und heterogene ebene Elastomer-Bodenbeläge mit Schaumstoffbeschichtung	Mai 1998
DIN EN 1817	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für homogene und heterogene ebene Elastomer-Bodenbeläge	Mai 1998
DIN EN 12199	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für homogene und heterogene profilierte Elastomer-Bodenbeläge	Mai 1998
DIN EN 14521 (Entwurf)	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für ebene Elastomer-Bodenbeläge mit oder ohne Schaumunterschicht mit einer dekorativen Schicht	September 2002
<b>Kork-Bodenbeläge</b>		
DIN EN 12104	Elastische Bodenbeläge - Presskorkplatten - Spezifikation	Oktober 2000
<b>Laminat-Bodenbeläge</b>		
DIN EN 13329	Laminatböden – Spezifikationen, Anforderungen und Prüfverfahren	September 2000

## DIN EN 14342 (Entwurf): Holzfußböden – Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung

Für Bodenbeläge aus Massivholz und Holzwerkstoffen wurde die harmonisierte europäische Deckelnorm DIN EN 14342 (Entwurf) erarbeitet, die Eigenschaften von Holzfußböden, die in Innenräumen verwendet werden, festlegt. In Bezug auf Gesundheit und Umweltschutz werden folgende Eigenschaften genannt [155]:

- Biologische Dauerhaftigkeit
- Freisetzung von Formaldehyd
- Freisetzung von Pentachlorphenol

Hinsichtlich der biologischen Dauerhaftigkeit wird auf die europäischen Normen DIN EN 335-1 (Allgemeines) [138] und EN 335-2 verwiesen, die die Gefährdungsklassen für den biologischen Befall bei der Anwendung von Vollholz [156] und Holzwerkstoffen [157] regelt. Nach den genannten Normen kann die Dauerhaftigkeit von Vollholz und Holzwerkstoffen durch den Einsatz von Holzschutzmitteln verbessert werden.

Auch bei den deutschen Holzschutznormen DIN 68800, Teil 3 und 5 werden Gefährdungsklassen für den biologischen Befall festgelegt [158, 159]. Im Gegensatz zur europäischen Norm gibt es in Deutschland auch eine Gefährdungsklasse 0, die keinen Holzschutz verlangt. Für den tragenden und aussteifenden Bereich dürfen für Hölzer und Holzwerkstoffe nur Holzschutzmittel verwendet werden, die durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassen sind. Dabei werden für bestimmte Wirkstoffe rechtlich verbindliche Einschränkungen hinsichtlich der Verwendung in Innenräumen vorgegeben. Auch für den nichttragenden Bereich der Bodenbeläge sollten - wenn überhaupt - nur für den Innenraum zugelassene Holzschutzmittel eingesetzt werden.

In der Norm wird weiterhin darauf hingewiesen, dass unbehandeltes Massivholz ohne Klebstoffe und ohne Beschichtung oder Oberflächenbehandlung keine nennenswerte Formaldehydabgabe aufweist. Falls eine Beschränkung des Formaldehydgehalts gefordert wird, werden Prüfmethoden (DIN EN 717-1 oder DIN EN 717-2) angegeben, nach denen die Emission zu messen ist. Das Prüfergebnis ist in Form der Formaldehydklassen E1 oder E2 anzugeben. Holzwerkstoffe, bei deren Herstellung oder Weiterverarbeitung keine formaldehydhaltigen Stoffe verwendet wurden, dürfen ohne Prüfung als Klasse E1 eingestuft werden. Als Kritikpunkt an dem Normentwurf ist anzumerken, dass diese Regelung - wie schon bei DIN EN 14041 (Entwurf) - der deutschen Gesetzgebung widerspricht.

Falls für die Behandlung des Holzes Pentachlorphenol eingesetzt wird, sind laut Norm DIN EN 14342 die Biozid-Richtlinie [160] und nationale gesetzliche Beschränkungen zu berücksichtigen. Übersteigt der PCP-Gehalt 5 ppm, so ist in der CE-Kennzeichnung "PCP > 5 ppm" aufzunehmen. Hierzu ist anzumerken, dass in Deutschland das Inverkehrbringen von Erzeugnissen, die mehr als 5 ppm PCP pro kg in den behandelten Teilen des Erzeugnisses enthalten, verboten ist. In dem europäischen Normentwurf muss auf diesen Sachverhalt aufmerksam gemacht werden, z.B. durch den Hinweis, dass in Deutschland keine Produkte mit einem Gehalt > 5 ppm PCP in den von der Behandlung erfassten Teilen des Produkts in Verkehr gebracht werden dürfen. Die Angabe des PCP-Gehalts in der CE-Kennzeichnung muss differenzierter erfolgen (z.B. Stufe 0: es wurde kein PCP und kein Altholz eingesetzt; Stufe 1: PCP in den von der Behandlung erfassten Teilen < 5 ppm; Stufe 2: PCP < 5 ppm; Stufe 3: PCP > 5 ppm).

Einen Überblick über die von der Deckelnorm DIN EN 14342 (Entwurf) betroffenen Produktnormen für Holzfußböden gibt die folgende Tabelle.

*Tab. 30: Produktnormen für Holzfußböden, deren Gesundheitsaspekte in der Norm DIN EN 14342 (Entwurf) geregelt werden*

Norm	Titel	Status
DIN EN 14342 (Entwurf)	Holzfußböden - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung	März 2002
<b>Holzfußböden</b>		
DIN EN 13226	Holzfußböden - Massivholz-Parkettstäbe mit Nut und/oder Feder	Mai 2003
DIN EN 13227	Holzfußböden - Massivholz-Lamparkettprodukte	Juni 2003
DIN EN 13228	Holzfußböden - Massiv-Overlay-Parkettstäbe einschließlich Parkettblöcke mit einem Verbindungssystem	Juni 2003
DIN EN 13488	Holzfußböden – Mosaikparkettkomponenten	Mai 2003
DIN EN 13489	Holzfußböden – Mehrschichtparkettkomponenten	Mai 2003
DIN EN 13629	Holzfußböden - Massive Laubholzdielen	Juni 2003
DIN EN 13990 (Entwurf)	Holzfußböden - Massive Nadelholz-Fußbodendielen	Dezember 2000
DIN EN 14761 (Entwurf)	Holzfußböden - Vollholzparkett - Hochkantlamelle, Breitlamelle und Modulklotz	Oktober 2003

DIN EN 13986: Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen – Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung

Für Bodenbeläge, die aus Holzwerkstoffen bestehen wie z.B. Kork-Fertigparkett, Laminatböden und Mehrschichtparkettkomponenten, gilt auch die harmonisierte europäische Holzwerkstoffnorm DIN EN 13986 [161]. Die Norm regelt für Holzwerkstoffe (Massivholzplatten, Furnierschichtholz, Sperrholz, OSB-Platten, Spanplatten, Faserplatten und MDF-Platten), die im Innenbereich eingesetzt werden, die gesundheitsrelevanten Eigenschaften:

- Biologische Dauerhaftigkeit
- Formaldehydabgabe
- Freisetzung von Pentachlorphenol

Die Regelungen in der Holzwerkstoffnorm DIN EN 13986 entsprechen für die genannten Punkte den Regelungen der Norm für Holzfußböden DIN EN 14342 (Entwurf).

### 6.2.3.1.1 Handlungsempfehlungen für die zweite Generation der Bodenbelags-normen

Da die bisher enthaltenen Regelungen der Deckelnormen zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Bodenbeläge nicht ausreichend sind, werden nachfolgend Handlungsempfehlungen aufgeführt, die bei einer Überarbeitung der technischen Spezifikationen berücksichtigt werden sollten. Dabei gelten einzelne Empfehlungen für alle Bodenbelagsarten und einzelne Empfehlungen je nach Materialeinsatz nur für bestimmte Belagstypen.

#### Gehalt an CMR-Stoffen der Kategorie 1 und 2 und als "Giftig" (T) und "Sehr giftig" (T+) gekennzeichnete Stoffe

Bei der Herstellung von Bodenbelägen können krebserzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe (CMR-Stoffe) der Kategorie 1 und 2<sup>23</sup> und Stoffe, die als giftig (T) und sehr giftig (T+) nach europäischer Stoffrichtlinie 67/548/EWG eingestuft oder gekennzeichnet sind, eingesetzt werden. Die folgende Tabelle führt Beispiele für CMR-Stoffe sowie giftige und sehr giftige Stoffe auf, die in Bodenbelägen Verwendung finden.

Tab. 31: Beispiele für CMR-Stoffe der Kategorie 1 und 2 sowie "giftige" und "sehr giftige" Stoffe in Bodenbelägen

Stoff	CAS-Nr.	Einstufung	Funktion
Chromtrioxid	1333-82-0	Carcinogen, Cat. 1 (R 49) Giftig (T)	Farbmittel (Pigment)
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	117-81-7	Reproduktionstoxisch, Cat. 2 (R 60-61) Giftig (T)	Weichmacher
Dibutylphthalat (DBP)	84-74-2	Reproduktionstoxisch, Cat. 2 (R 61) Giftig (T)	Weichmacher
Bleiverbindungen		Reproduktionstoxisch, Cat. 1 (R 60) Giftig (T)	Stabilisatoren

23 CMR-Stoff, Kategorie 1 nach RL 67/548/EWG: Stoffe, die auf den Menschen bekanntermaßen krebserzeugend, erbgutverändernd oder reproduktionstoxisch wirken.  
CMR-Stoff, Kategorie 2 nach RL 67/548/EWG: Stoffe, die als krebserzeugend, erbgutverändernd oder reproduktionstoxisch für den Menschen angesehen werden sollten.  
Derzeit sind ca. 850 Stoffe als CMR-Stoffe nach Kategorie 1 oder 2 (RL 67/548/EWG) eingestuft [95].

Auf den Einsatz von CMR-Stoffen (Kategorie 1 und 2) und Stoffen, die als "Giftig" (T) und "Sehr giftig" (T+) nach RL 67/548/EWG [3] eingestuft sind, sollte in Bodenbelägen aufgrund des Gefährdungspotentials verzichtet werden.

Auf europäischer Ebene sind CMR-Stoffe der Kategorie 1 und 2 in der europäischen Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG derzeit nur dahingehend geregelt, dass diese Stoffe und Zubereitungen nicht an die breite Öffentlichkeit abgegeben werden dürfen, sobald festgelegte Konzentrationen überschritten werden [10]. Die Regelung gilt allerdings nicht für Erzeugnisse.

Auf nationaler Ebene fordern im deutschen Zulassungsbereich die DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum, keine krebserzeugenden und mutagenen Stoffe der Kategorie 1 und 2 aktiv einzusetzen und dass auf den Einsatz von Stoffen, die als T und T+ eingestuft sind, verzichtet werden sollte [96].

In verschiedenen europäischen Ländern existieren freiwillige Regelungen, die den Einsatz von CMR-Stoffen verbieten. So fordern z.B. die österreichischen Umweltlabel für textile Bodenbeläge (UZ 35), elastische Bodenbeläge (UZ 42) und Holzwerkstoffe (UZ 07) ebenso wie das nordische Umweltlabel für Textilien und Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen, dass neben dem Einsatz von CMR-Stoffen, T und T+ Stoffen auch keine als "Umweltgefährlich" (N) eingestuften Stoffen eingesetzt werden dürfen. Das deutsche Umweltzeichen Blauer Engel für emissionsarme Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen (RAL-UZ 38) schließt die Verwendung von Beschichtungssystemen aus, die CMR-, T- und T+-Stoffe als konstitutionelle Bestandteile enthalten. Eine Auflistung der freiwilligen Regelungen für CMR-Stoffe in Bodenbelägen findet sich im Anhang A11.

#### Gehalt an Pentachlorphenol (PCP)

Der Gehalt an PCP in Bodenbelägen muss aufgrund abweichender nationaler Regelungen bestimmt und die entsprechenden Stufen/Klassen oder der deklarierte Wert in die CE-Kennzeichnung aufgenommen werden. In Deutschland ist z.B. bereits das Inverkehrbringen von PCP-haltigen Erzeugnissen mit mehr als 5 mg PCP pro kg behandeltem Erzeugnis verboten. Dies ist in den Normen zu berücksichtigen.

#### Freisetzung von Formaldehyd

Werden bei der Herstellung von Bodenbelägen formaldehydhaltige Materialien eingesetzt, so muss aufgrund vorliegender nationaler gesetzlicher Regelungen die Freisetzung von Formaldehyd anhand eines Emissionstests in einer Prüfkammer oder -zelle bestimmt werden.

Regelungen zur Emission von Formaldehyd existieren in mehreren europäischen Ländern (z.B. Dänemark, Finnland, Norwegen, Italien, Polen). In Deutschland gilt für das Inverkehrbringen und die Verwendung von Holzwerkstoffen ein Emissionsgrenzwert von 0,1 ppm Formaldehyd, der auch in die DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum übernommen wurde [96].

Verschiedene nationale freiwillige Regelungen für Bodenbeläge beschränken die Emission oder zumindest den Gehalt an Formaldehyd und sind in der Regel weitergehender als die gesetzlichen Regelungen. Eine Auflistung der freiwilligen Regelungen für Formaldehyd in Bodenbelägen findet sich im Anhang A11.

## Freisetzung von flüchtigen und schwerflüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC)

Aufgrund der Gesundheitsrelevanz von VOC und SVOC sollte die Gesamtemission dieser Verbindungen in Form der Summe der VOC (TVOC-Wert) und der Summe der SVOC bestimmt werden. Um eine Bewertung der Einzelsubstanzen zu ermöglichen, sollten alle VOC's mit einer Konzentration  $\geq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  identifiziert und quantifiziert werden. Die genaue Vorgehensweise sollte sich an dem VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB orientieren (siehe auch Kap. 6.1.1).

In Deutschland beschränken im Zulassungsbereich die DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum die Emission von VOC und SVOC aus Bodenbelägen. Auf freiwilliger Basis existieren in mehreren Ländern Regelungen zu VOC und SVOC. Sie sind jedoch auf die Bestimmung des TVOC- und SVOC-Wertes und einzelner VOC's (z.B. Styrol, Toluol, 4-PCH, 4-VCH) sowie VOC-Summenparameter (z.B. Summe gesättigte n-Aldehyde, Summe aromatische Aldehyde) beschränkt. Das VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB ist hier weitergehender, da ca. 140 Einzelsubstanzen zusätzlich bewertet werden. Eine Auflistung der freiwilligen Regelungen für VOC und SVOC in Bodenbelägen findet sich im Anhang A11.

## Freisetzung von geruchsintensiven Stoffen

Aufgrund einer möglichen Beeinträchtigung des Gebäudenutzers sollte die Geruchsemmission aus Bodenbelägen bestimmt werden.

Die Bestimmung der Geruchsemmission wird derzeit auf nationaler Ebene im deutschen Zulassungsbereich im Rahmen der DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum noch nicht berücksichtigt, da einheitliche Prüfmethoden und Bewertungsmaßstäbe fehlen.

Auf freiwilliger Ebene beschränken eine Vielzahl von Label für Bodenbeläge die Geruchsemmission, die anhand unterschiedlicher Prüfmethoden bestimmt wird. Eine Auflistung der freiwilligen Regelungen für Geruch aus Bodenbelägen findet sich im Anhang A11.

## Einsatz von Abfällen

Der Einsatz von Abfällen in Bodenbelägen sollte deklariert werden.

In einzelnen Mitgliedstaaten existieren Regelungen zum Einsatz von Gebrauchtholz. So ist z.B. in Norwegen und Polen der Einsatz von Gebrauchtholz in Holzwerkstoffen nicht oder nur mit Stoffbeschränkungen erlaubt. In Deutschland müssen beim Einsatz von Gebrauchtholz die Werte der Altholzverordnung eingehalten werden [97]. Die Werte der deutschen Altholzverordnung sind im Anhang A12 aufgeführt.

## **Handlungsempfehlungen, die zusätzlich bei textilen und elastischen Bodenbeläge berücksichtigt werden sollten**

### Gehalt an Azofarbstoffen, die krebserzeugende Amine abspalten

Azofarbstoffe, die krebserzeugende Amine abspalten, sollten nicht in Bodenbelägen eingesetzt werden.

Nach der europäischen Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG dürfen Azofarbstoffe, die krebserzeugende Amine abspalten, nicht in Textilien und Ledererzeugnissen verwendet werden, die mit der menschlichen Haut in Kontakt kommen [10]. Aufgrund eines

möglichen Hautkontakte mit Bodenbelägen sollte auch der Einsatz in anderen Anwendungsbereichen wie z.B. in PVC-Bodenbelägen vermieden werden.

Auch die freiwilligen Regelungen für Bodenbeläge verbieten den Einsatz von Azo-farbstoffen, die krebserzeugende Amine abspalten. Eine Auflistung der Regelungen findet sich im Anhang A11.

### Gehalt an Flammschutzmitteln

In textilen und elastischen Bodenbelägen sollten keine polybromierten Diphenylether eingesetzt werden.

Für den mengenmäßig relevantesten Vertreter der polybromierten Diphenylether, den Decabromdiphenylether (DeBDPE)<sup>24</sup>, liegt ein Bericht zur Risikobewertung im Rahmen der europäischen Altstoffverordnung vor [162]<sup>25</sup>. Die Studie fordert weitere Tests und Monitoringdaten, um die Risiken für die Umwelt bewerten zu können. Inzwischen liegt bereits ein Nachtrag zum ursprünglichen Bericht im Entwurf vor, der rät, ein von der Industrie vorgeschlagenes Programm zur freiwilligen Minderung von Emissionen umzusetzen, gleichzeitig weitere Daten zu sammeln und gegebenenfalls über formellere Risikominderungsmaßnahmen zu einem späteren Zeitpunkt zu entscheiden.<sup>26</sup>

Eine Studie des Umweltbundesamtes zur Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel kommt zu dem Schluss, dass aufgrund der Persistenz des DeBDPE-Vorkommens in Sedimenten, Raumluft und Außenluft dieses Flammschutzmittel substituiert werden sollte [108]. Obwohl DeBPDE zur Zeit nach Angaben des European Brominated Flame Retardant Industry Panels relativ wenig in Teppichböden eingesetzt wird, würde der aktuelle Trend, mehr Polypropylenfaser in Teppichen einzusetzen, künftig — ohne Substitution — auch einen erhöhten Einsatz von bromierten Flammschutzmitteln mit sich bringen [207].

Neben Decabromdiphenylether wird auch für die Flammschutzmittel Hexabromcyclo-dodecan (HBCD) und Tris(chlorpropyl)-phosphat (TCCP) eine Risikobewertung im Rahmen der europäischen Altstoffverordnung durchgeführt, für die allerdings noch keine Ergebnisse vorliegen. Die Beschränkung weiterer Flammschutzmittel sollte nach dem Stand der Technik und des Wissens diskutiert werden. Zusätzlich zu den EU-weiten Verboten für Pentabromodiphenylether und Octabromodiphenylether haben bisher die Niederlande kurzkettige Chlorparaffine (SCCP) als Flammschutzmittel in Gummi, Kunststoffen und Textilien verboten. Die Europäische Kommission hat dieser Beschränkung zugestimmt, sofern sie nicht die Verwendung von SCCP als Bestandteile anderer Stoffe und Zubereitungen in Konzentrationen unter 1 % zur Verwendung als Flammschutzmittel in Gummi oder Textilien betreffen [208]. Aufgrund dieser niederländischen Beschränkung müssen Bauproduktnormen die Angabe über die Verwendung von SCCP bei der CE-Kennzeichnung als zwingend vorsehen. Wenn ein Produkt nicht

---

<sup>24</sup> Pentabromodiphenylether und Octabromodiphenylether wurden bereits durch die Richtlinie 2003/11/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 zur 24. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen verboten. Erzeugnisse dürfen in der EU nach dem 15.8.2004 nicht in den Verkehr gebracht werden, wenn sie oder ihre mit Flammschutzmittel behandelten Teile Pentabromodiphenylether oder Octabromodiphenylether in einer Konzentration von mehr als 0,1 Gewichtsprozent enthalten.

<sup>25</sup> Der Bericht ist im Internet unter [http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/REPORT/decabromodiphenyletherreport013.pdf](http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/decabromodiphenyletherreport013.pdf) verfügbar.

<sup>26</sup> Der Bericht ist im Internet unter [http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/ADDENDUM/decabromodiphenylether\\_add\\_013.pdf](http://ecb.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/ADDENDUM/decabromodiphenylether_add_013.pdf) verfügbar.

in den Niederlanden in Verkehr gebracht wird, darf allerdings von der Option „keine Leistung festgestellt“ Gebrauch gemacht werden.

Auf nationaler Ebene verbieten im deutschen Zulassungsbereich die DIBt-Zulassungsgrundsätze Innenraum den Einsatz von polybromierten Diphenylethern in Bodenbelägen, da im Brandfall polybromierte Dioxine und Furane freigesetzt werden können. Dieses Verbot wird im DIBt bereits seit 1986 für alle zugelassenen Bauprodukte praktiziert, zumal auch bereits seit langer Zeit Ersatzprodukte verfügbar sind.

In Deutschland haben ebenfalls 1986 auf freiwilliger Basis die TEGEWA (Fachverband der Hersteller von Textilhilfsmitteln, Gerbstoffen und Waschrohstoffen) und der Verband der Kunststofferzeugenden Industrie (VKE) den Verzicht auf polybromierte Diphenylether vereinbart [108].

Die freiwilligen Regelungen für textile und elastische Bodenbeläge sind weitergehender und verbieten den Einsatz von phosphor- und chlororganischen Flammschutzmitteln, Flammschutzmittel, die Antimon, Arsen oder Bor enthalten, bromierte Flammschutzmittel sowie Chlorparaffine. Eine Auflistung der Regelungen für Flammschutzmittel in textilen und elastischen Bodenbelägen findet sich im Anhang A11.

### **Handlungsempfehlungen, die nur für textile Bodenbeläge gelten**

#### Gehalt an Pestiziden

Aufgrund des diskutierten Gesundheitsschädigungspotentials sollte beim Einsatz von Permethrin als Motten- und Käferschutz in Wollteppichen der zulässige Gehalt festgelegt werden. Eine Orientierung bietet hier die freiwillige Regelung der Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. (GUT), die für Wollteppiche eine Höchstkonzentration von 210 mg/kg Permethrin vorschreibt [109]. Die als Motten- und Käferfraßschutz eingesetzten Pestizide sollten nach der Biozid-Richtlinie zugelassen sein und entsprechend deklariert werden [160].

In den freiwilligen Regelungen für textile Bodenbeläge wird bereits der Einsatz bestimmter Biozide verboten oder beschränkt, die beim Anbau oder der Produktion von Naturfasern eingesetzt werden. Eine Prüfung der Bodenbeläge erfolgt auf Organochlorpestizide, Organophosphorpestizide, Pyrethroide, Chlorphenole (PCP, TeCP), Herbizide und zinnorganische Verbindungen. Eine Auflistung der freiwilligen Regelungen für Pestizide in textilen Bodenbelägen findet sich im Anhang A11.

Bezüglich einer Gesundheitsgefährdung durch Pestizidrückstände in Naturfaserteppichen lagen keine Informationen vor. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf.

#### Gehalt an Benzo(a)pyren beim Einsatz von Bitumen

Um eine Mitverwendung von Teerölen ausschließen zu können, sollte der Gehalt an Benzo(a)pyren (BaP) als Leitsubstanz für polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bei der Verwendung von Bitumenprodukten in textilen Bodenbelägen bestimmt werden. Benzo(a)pyren ist nach der europäischen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [3] als kanzerogen eingestuft und darf somit nach den DIBt-Zulassungsgrundsätzen Innenraum nicht aktiv eingesetzt werden. Da BaP jedoch in Bitumen enthalten ist, wird in den Zulassungsgrundsätzen der Gehalt auf 5 mg BaP pro kg Bitumen beschränkt. Dieser Wert ist von reinen Bitumina ohne Probleme einzuhalten und stellt sicher, dass keine teeröhlhaltigen Verschnittbitumina zum Einsatz kommen.

## **Handlungsempfehlungen, die nur für PVC-Bodenbeläge gelten**

### Gehalt an Weichmachern

In PVC-Bodenbelägen werden hauptsächlich Phthalate als Primärweichmacher und mittelkettige Chlorparaffine ( $C_{14}$  –  $C_{17}$ ) als Sekundärweichmacher eingesetzt. Beide Stoffgruppen sind aufgrund ihres Gesundheits- und Umweltgefährdungspotentials umstritten.

Auf den Einsatz der Weichmacher

- Bis(2ethylhexyl)-phthalat (DEHP)
- Dibutylphthalat (DBP)

in PVC-Bodenbelägen sollte – sofern technisch möglich - verzichtet werden, da diese Stoffe als reproduktionstoxisch der Kategorie 2 und als giftig (T) nach der europäischen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [3] eingestuft wurden. Eine mögliche Einstufung von Butylbenzylphthalat (BBP) als reproduktionstoxisch wird zur Zeit geprüft.

Im Rahmen der europäischen Altstoffverordnung [163] wurden bzw. werden für sechs Phthalate (DEHP, DBP, BBP, DOP, DINP und DIDP) sowie für die mittelkettigen Chlorparaffine Risikoabschätzungsstudien erarbeitet. Der Entwurf für DEHP sieht dabei einen Bedarf für Risikominderungsmaßnahmen für die direkte und indirekte Exposition von Verbrauchern (v.a. Kinder) über Erzeugnisse (Spielzeuge), Kinder- und Säuglingsnahrung und die Innenraumluft vor [164]. In der Studie zu DBP wird eine Risikominderung am Arbeitsplatz sowie eine Minderung der Exposition von Pflanzen über die Atmosphäre gefordert [165]. Der Bericht zu Diisodecylphthalat (DIDP) stellt eine Notwendigkeit für Risikominderung fest, wenn DIDP als Ersatz für andere Phthalate im Spielzeug verwendet wird [167]. In der Studie für Diisonylphthalat (DINP) werden für diesen Stoff keine zusätzlichen Risikominderungsmaßnahmen als notwendig erachtet [166].

Nach Aussage eines Leitfadens des Umweltbundesamtes zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe sind Alternativen für Weichmacher auf dem Markt verfügbar z.B. langkettige Phthalate wie DINP und DIDP, Adipate, Citrate, Phosphorsäureester, Alkylsulfonsäureester und Cyclohexandicarbonsäureester. Der Leitfaden betont jedoch, dass die Alternativen zu DEHP und Chlorparaffinen ausreichend bewertet werden müssen, da nicht alle Alternativen aus umwelt- und gesundheitsbezogener Sicht eine Verbesserung darstellen [117].

### Gehalt an Schwermetallen aus Stabilisatoren

Auf den Einsatz von Blei-Stabilisatoren in PVC-Bodenbelägen sollte – soweit nicht schon erfolgt - verzichtet werden. Cadmium-Stabilisatoren sind bereits nach der 10. Änderung der Stoffrichtlinie 76/769/EWG [10] im Jahr 1991 in vielen Anwendungen — darunter auch in Bodenverkleidungen — verboten.

Nach der europäischen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [3] sind viele Cadmiumverbindungen (Oxid, Chlorid, Fluorid, Sulfat, Sulfid) als giftig (T) oder sehr giftig (T+), einzelne Verbindungen (Cadmiumchlorid, Cadmiumfluorid) als kanzerogen, mutagen und reproduktionstoxisch der Kategorie 2 eingestuft. Alle Bleiverbindungen sind außer den gesondert bewerteten als reproduktionstoxisch der Kategorie 2 eingestuft.

Der Verzicht auf Cadmium- und Bleistabilisatoren über die gesetzlichen Verbote hinaus ist Teil der freiwilligen Vereinbarung "Selbstverpflichtung der PVC-Branche zur nachhaltigen Entwicklung", die im März 2000 von den vier Hauptverbänden der PVC-Branche (ECVM, ECPI, ESPA und EuPC) unter dem Namen "Vinyl 2010" verabschiedet wurde. Dabei verpflichtet sich die Branche u.a. zu folgenden Maßnahmen [112]:

- Verzicht auf Cadmium-Stabilisatoren (bis März 2001)
- Risikoabschätzung für Blei-Stabilisatoren (bis 2004)
- Schrittweiser Verzicht auf Blei (bis 2015).

Laut Aussage des Leitfadens des Umweltbundesamtes sind für Bleistabilisatoren verschiedene Alternativen auf dem Markt verfügbar, für die ausreichende Erfahrungen vorliegen [117]. Alternativen für Cadmium sind bereits Stand der Technik.

### **Handlungsempfehlungen, die nur für Gummi-Bodenbeläge (Elastomere) gelten**

#### Freisetzung von krebserzeugenden N-Nitrosaminen

Um eine Freisetzung von N-Nitrosaminen zu verhindern, sollten keine nitrosaminbildenden Stoffe in Gummibodenbelägen eingesetzt werden.

Die deutsche Richtlinie für Gefahrstoffe 552 (TRGS 552) nennt 12 N-Nitrosamine, die nach der deutschen Gefahrstoffverordnung [85] als krebserzeugend eingestuft sind. Diese Stoffe können sich bei der Vulkanisation der Elastomer-Beläge bilden, wenn Vulkanisationsbeschleuniger verwendet werden, die nitrosierbare, sekundäre Amine abspalten, die mit Stickoxiden zu N-Nitrosaminen reagieren. Die Bildung von als krebserzeugend eingestuften N-Nitrosaminen kann durch den gezielten Einsatz anderer Beschleunigungsschemikalien vermieden werden. Ersatzstoffe für Vulkanisationssysteme, die keine sekundären Amine freisetzen, sind nach TRGS 552 z.B. Thiophosphate (z.B. ZDBP), Xanthogenate (z.B. ZIX), Thiazole (z.B. MBT), Guanidine (z.B. DPG) oder Caprolactamdisulfid [168].

Die freiwillige Regelung zu elastischen Bodenbelägen, das Österreichische Umweltzeichen UZ 42, gibt eine Beschränkung für N-Nitrosamine in Gummibodenbelägen vor [169].

### **Handlungsempfehlungen, die nur für Bodenbeläge aus Holzwerkstoffen gelten**

#### Einsatz von Gebrauchtholz

Der Einsatz von Gebrauchtholz sollte immer deklariert werden. Die Parameter, die durch die deutsche Altholzverordnung [97] oder die freiwillige Vereinbarung des europäischen Holzwerkstoffherstellverbandes [170] vorgegeben werden, sollten vor der Einbindung des Altholzes in den Bodenbelag bestimmt werden und die Ergebnisse als deklarierte Werte bei der CE-Kennzeichnung angegeben werden.

#### **6.2.3.2 Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration an Bodenbelägen**

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der Handlungsempfehlungen, die bei der Überarbeitung der technischen Spezifikationen von Bodenbelägen berücksichtigt werden sollten.

*Tab. 32: Übersicht der Handlungsempfehlungen für die zweite Normengeneration  
Bodenbeläge*

Gehalt/Freisetzung von gefährlichen Stoffen	Handlungsempfehlungen
<b>Alle Bodenbeläge (textile, elastische, Laminat, Beläge aus Massivholz und Holzwerkstoffen)</b>	
Gehalt an CMR-Stoffen (Kategorie 1 und 2) Gehalt an Stoffen, die als "Giftig" (T) oder "Sehr giftig" (T+) eingestuft sind	CMR-Stoffe der Kategorie 1 und 2 sowie Stoffe, die als T oder T+ nach der RL 67/548/EWG [3] eingestuft sind, sollten nicht aktiv in Bauprodukten eingesetzt werden.
Gehalt an Pentachlorphenol	Der Gehalt an Pentachlorphenol muss bestimmt und in Form von Stufen/Klassen oder als Wert in der CE-Kennzeichnung deklariert werden.
Freisetzung von Formaldehyd	Beim Einsatz formaldehydhaltiger Materialien muss die Freisetzung von Formaldehyd bestimmt werden.
Freisetzung von VOC und SVOC	Bestimmung der VOC und SVOC-Emissionen nach 3 und nach 28 Tagen und Berechnung des TVOC-Wertes und der Summe der SVOC. (genaue Bestimmung nach VOC/SVOC-Bewertungsschema des AgBB, (Kap. 6.1.1))
Freisetzung von geruchsintensiven Stoffen	Geruchsemissionen sollten bestimmt werden.
Einsatz von Abfällen	Der Einsatz von Abfällen sollte deklariert werden (außer Produktionsabfälle wie z.B. Verschnitte).
<b>Zusätzlich für textile und elastische Bodenbeläge</b>	
Gehalt an Azofarbstoffen, die kanzerogene Amine abspalten	Azofarbstoffe, die kanzerogene Amine abspalten (RL 76/769/EWG [10]), sollten nicht eingesetzt werden.
Gehalt an Flammschutzmitteln	Polybromierte Diphenylether sollten nicht eingesetzt werden. Ein Verbot oder eine Beschränkung weiterer Flammschutzmittel wie z.B. HBCD, TCCP sollte diskutiert werden.

<b>Nur für textile Bodenbeläge</b>	
Gehalt an Pestiziden bei textilen Bodenbelägen aus Naturfasern	Bei der Verwendung von Permethrin als Motten- und Käferfraßschutz sollte der Gehalt beschränkt werden.  Der Einsatz von Pestiziden als Motten- und Käferschutz bei Wollteppichen sollte deklariert werden.  Bezüglich der Gesundheitsgefährdung durch Pestizidrückstände in Naturfaserteppichen lagen keine Informationen vor. Hier besteht Untersuchungsbedarf.
Gehalt an Benz(a)pyren beim Einsatz von Bitumen	Beim Einsatz von Bitumen in textilen Bodenbelägen sollte der Gehalt von BaP im Bitumen bestimmt werden.
<b>Nur für PVC-Bodenbeläge</b>	
Gehalt an Weichmachern	Auf den Einsatz der Weichmacher DEHP, DBP und BBP sollte verzichtet werden.  Der Einsatz von mittelkettigen Chlorparaffinen sollte geprüft werden.
Gehalt an Schwermetallen aus Stabilisatoren	Auf den Einsatz von Stabilisatoren auf Bleibasis sollte verzichtet werden. Stabilisatoren auf Cadmiumbasis sind in Bodenverkleidungen aus Vinylchloridpolymeren und –copolymeren bereits gemäß der Stoffrichtlinie (76/769/EWG) europaweit verboten.
<b>Nur für Gummi-Bodenbeläge</b>	
Freisetzung von N-Nitrosaminen	Auf den Einsatz von nitrosaminbildenden Stoffen sollte verzichtet werden.
<b>Nur für Bodenbeläge aus Holzwerkstoffen</b>	
Einsatz von Gebrauchtholz	Der Einsatz von Gebrauchtholz sollte deklariert werden. Die Parameter der Altholzverordnung [97] sollten bestimmt werden.

### **6.3 Vorschläge zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 für Bodenbeläge in Innenräumen**

Bei den Bodenbelägen handelt es sich um eine Bauproduktgruppe, die wie in Kap. 6.2.1 (Zusammensetzung der Beläge) dargestellt, aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien und Stoffe bestehen können. Aufgrund dieser Vielfalt und den wenigen Untersuchungsergebnissen zum Freisetzungsverhalten wird eine Aufnahme in die WFT-Produktliste, d.h. Produkte, an die keine zusätzlichen Prüfanforderungen gestellt werden, nicht für sinnvoll erachtet.

Für Bodenbeläge, die nach harmonisierten europäischen Normen hergestellt werden, sollte in den Normen die Zusammensetzung so detailliert wie möglich beschrieben werden. Stoffe, die bereits verboten sind oder sich in der Diskussion befinden wie z.B. CMR-Stoffe, Azofarbstoffe, die kanzerogene Amine abspalten, polybromierte Diphenylether sollten in den Produktnormen aufgeführt werden. Stoffe, die bereits beschränkt

sind oder sich in der Diskussion befinden wie z.B. Formaldehyd, PCP, VOC und SVOC sollten in den Produktnormen aufgeführt werden und zur Bestimmung harmonisierte europäische Prüfmethoden angegeben werden. Welche gefährlichen Stoffe aus den jeweiligen Bodenbelägen freigesetzt werden können und damit in den Produktnormen bestimmt werden sollten, ist ausführlich in den Handlungsempfehlungen im vorherigen Kapitel 6.2.3 dargestellt.

Bodenbeläge, über deren Freisetzungsvorverhalten keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen und/oder bei deren Herstellung Abfälle eingesetzt werden, sollten dem Zulassungsbereich zugeordnet werden, da hier der Prüfumfang durch ein Expertengremium am konkreten Produkt festgelegt werden kann.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Nach den Angaben der europäischen Baustoffhersteller (CEPMC) werden in Europa mehr als 20.000 verschiedene Produkte und Materialien beim Bau von Gebäuden und Infrastruktur verwendet. Diese große Gruppe der Bauprodukte, die innerhalb des europäischen Wirtschaftsraums einen zentralen ökonomischen Faktor darstellt, ist hinsichtlich ihres Freisetzungsvorverhaltens von gefährlichen Stoffen und deren Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt größtenteils unbekannt. Aus rückschauender Perspektive kann festgestellt werden, dass zur Vermeidung von Schadensfällen, wie sie durch die bekannten gefährlichen Stoffe Asbest, Formaldehyd und Pentachlorphe- nol (PCP) ausgelöst wurden, präventiv vorgegangen werden muss. Dazu sind jedoch schon bei der Herstellung der Bauprodukte mehr Kenntnisse zu den Produkten, ihren Herstellungsverfahren sowie ihren Inhaltsstoffen und deren Freisetzungspotentialen notwendig, als bislang vorliegen.

Hintergrund dieses Forschungsvorhabens ist die Tatsache, dass aufgrund fehlender Rahmenbedingungen in der ersten Generation der europäischen technischen Spezifikationen keine Gesundheits- und Umweltanforderungen an Bauprodukte enthalten sind, d.h. die von der Bauproduktenrichtlinie (BPR) geforderte wesentliche Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" bisher noch nicht umgesetzt wurde. Eine Umsetzung soll in der zweiten Generation der technischen Spezifikationen erfolgen. Hierfür wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein Umsetzungskonzept entwickelt, in das auch die aktuellen europäischen Entwicklungen einfllossen. Für ausgewählte Bauprodukte wurden Handlungsempfehlungen ausgearbeitet, die bei der Überarbeitung der technischen Spezifikationen berücksichtigt werden sollten.

Die Vielzahl der verwendeten Bauprodukte wurde eingeschränkt auf Produkte, für die ein Mandat der europäischen Kommission an das Europäische Komitee für Normung - CEN - zur Erarbeitung von harmonisierten europäischen Normen erteilt wurde.

Das Forschungsvorhaben bietet auch eine Bestandsaufnahme von Konzepten zur Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten in Boden, Grundwasser und den Innenraum. Ausgehend vom deutschen Schutzniveau und den hier etablierten Verfahren wurden Handlungsempfehlungen für die Berücksichtigung von Gesundheits- und Umweltanforderungen erarbeitet, die bei der Überarbeitung der technischen Spezifikationen berücksichtigt werden sollten.

Dieses Forschungsvorhaben bietet vor allem den Normungs- und Zulassungsgremien detaillierte Informationen über Möglichkeiten zur Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in den technischen Spezifikationen. Für die beispielhaft ausgewählten Bau-

produkte "Betonausgangsstoffe" und "Bodenbeläge" liefert die Studie ausführliche Informationen zur Zusammensetzung der Produkte und zum Freisetzungsvorverhalten von gefährlichen Stoffen. Darüber hinaus werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die aufgezeigt, an welchen Stellen weiterer Handlungsbedarf besteht und weitergehende Untersuchungen notwendig sind, um eine Gefährdung des Nutzers von Bauwerken und der unmittelbaren Umgebung auszuschließen. Die Darstellung weitergehender Konzepte zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden, Grundwasser und den Innenraum sowie die Darstellung verschiedener nationaler und europäischer Prüfmethoden zur Bestimmung der Auslaugung in Boden und Grundwasser geben einen umfassenden Überblick über die Thematik. Auf die ausführliche Darstellung der Prüfmethoden für die Emission in den Innenraum wurde verzichtet, da hier bereits europäische Prüfmethoden vorliegen, die nur noch einer Harmonisierung bedürfen.

Als Beispiel für die Freisetzung von gefährlichen Stoffen in Boden und Grundwasser wurden die mandatierten „Betonausgangsstoffe“ Zement, Gesteinskörnungen, Betonzusatzstoffe und Betonzusatzmittel ausgewählt, da diese als Massenbaustoffe in signifikant großem Maße verwendet werden. Hinsichtlich der Freisetzung gefährlicher Stoffe in den Innenraum fiel die Wahl auf das Mandat Bodenbeläge (textile, elastische, Laminate, Massivholz/Holzwerkstoffe), da diese aufgrund ihrer großen Fläche im Innenraum eine wesentliche Emissionsquelle darstellen können.

Zu dieser Auswahl ist anzumerken, dass aufgrund der Vielzahl an Bauprodukten eine Einschränkung notwendig war, diese aber keine Rückschlüsse über ein besonders hohes Gesundheits- oder Umweltgefährdungspotential der ausgewählten Bauprodukte erlaubt. Für alle weiteren mandatierten Bauprodukte wurden Informationen zu gefährlichen Stoffen, die potentiell freigesetzt werden können, gesammelt und systematisiert. Diese werden im Anhang A4 in Form einer Liste der mandatierten Bauprodukte dargestellt. Vor diesem Hintergrund versteht sich der vorliegende Bericht auch als Nachschlagewerk für ausgewählte Bauprodukte.

Zum derzeitigen Stand der Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie (BPR) kann folgendes festgehalten werden:

Die Europäische Kommission hat bisher rund 30 Mandate an das Europäische Komitee für Normung (CEN) und rund 20 Mandate an die Europäische Organisation für technische Zulassungen (EOTA) zur Erarbeitung von harmonisierten europäischen Normen bzw. technischen Zulassungsleitlinien für Bauprodukte erteilt. Bei der in den Mandaten geforderten Umsetzung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 haben sich die fehlenden harmonisierten Prüfmethoden zur Bestimmung der freigesetzten gefährlichen Stoffe als großes Problem erwiesen. In diesem Zusammenhang ist die Aktivität der Europäischen Kommission zu sehen, Mandate für harmonisierte Prüfmethoden für gefährliche Stoffe zu erarbeiten.

Neben der Erarbeitung von Mandaten für harmonisierte Prüfmethoden für gefährliche Stoffe hat die Europäische Kommission eine Datenbank für geregelte Stoffe aufgebaut, die Informationen über europäische und nationale Regelungen zu gefährlichen Stoffen bereitstellt.

Um die konsequente Berücksichtigung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in den technischen Spezifikationen sicherzustellen, wird im Rahmen des Forschungsvorhabens ein abgestuftes Konzept vorgeschlagen. Zur Beurteilung des potentiellen Freisetzungsvorverhaltens von gefährlichen Stoffen, sind sowohl Kenntnisse zur chemischen Zusammensetzung als auch zu der geplanten Verwendung der Produkte in baulichen Anlagen notwendig.

Als Lösungsansatz wird in diesem Forschungsvorhaben eine Unterteilung der Vielzahl der mandatierten Bauprodukte in drei Gruppen vorgeschlagen: WFT-Produkte (WFT – Without Further Testing), genormte Produkte, zugelassene Produkte.

Bei Produkten, die für die Aufnahme in eine WFT-Produktliste geeignet sind, kann aufgrund der vollständig beschriebenen Zusammensetzung sichergestellt werden, dass keine gefährlichen Stoffe freigesetzt werden. Es handelt sich hier zumeist um bewährte Produkte, für die langjährige Erfahrungen vorliegen. Bei diesen Produkten sind keine zusätzlichen Prüfungen notwendig, um die Gesundheits- und Umweltanforderungen zu erfüllen. In den entsprechenden technischen Spezifikationen ist ein Hinweis aufzunehmen, das es sich um ein WFT-Produkt handelt.

Bauprodukte, die nicht geeignet sind, in die Liste der WFT-Produkte aufgenommen zu werden, sollten im Normungsbereich verbleiben, wenn sie bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Es handelt sich hier um Produkte, deren Zusammensetzung hinreichend beschrieben werden kann, deren Stoffvielfalt beschränkt ist und bei denen die zu bestimmenden gefährlichen Stoffe festgelegt werden können. Bei diesen Produkten müssen die freisetzbaren gefährlichen Stoffe geprüft werden. Für die Schadstoffparameter sind in der CE-Kennzeichnung Stufen, Klassen oder deklarierte Werte anzugeben. Eine vollständige Bewertung aller Inhaltsstoffe wird größtenteils sehr schwierig sein, weshalb im Normungsbereich auch weitergehende Prüf- und Bewertungskonzepte herangezogen werden sollten.

Produkte, die sich durch eine große Stoffvielfalt auszeichnen, sollten nach einer europäischen technischen Zulassung hergestellt werden. Es handelt sich in der Regel um innovative Produkte, bei denen keine Kenntnisse über das Freisetzungsvorverhalten vorhanden sind. Auch beim Einsatz von Abfällen sollte in der Regel eine Einzelfallprüfung erfolgen. Die Prüfung der freisetzbaren gefährlichen Stoffe sollte aufgrund der hier vorhandenen spezifischen Kenntnisse der chemischen Zusammensetzung erfolgen - auch hier liegt eine Kombination aus deskriptivem und leistungsbezogenem Ansatz zugrunde. Die Zuordnung zum Normungs- oder Zulassungsbereich sollte auf Mandatsebene durch die Europäische Kommission erfolgen.

Der vorgestellte Lösungsansatz wird am Beispiel der ausgewählten Betonausgangsstoffe und der Bodenbeläge konkretisiert.

Das vorliegende Forschungsvorhaben zeigt demnach hauptsächlich den methodischen Ansatz zur Berücksichtigung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 in technischen Spezifikationen auf, der grundsätzlich auf alle Bauprodukte im Geltungsbereich der Bauproduktenrichtlinie in analoger Weise anzuwenden wäre.

## Ausblick

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden bei der Betrachtung des Freisetzungsvorverhaltens bzw. des Gehalts von gefährlichen Stoffen aus/in Bauprodukten nur die Mandate an CEN zur Erarbeitung harmonisierter europäischer Produktnormen berücksichtigt, da eine Betrachtung auch der Mandate an EOTA aufgrund des Umfangs im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich war.

Die Auswertung der CEN-Mandate lieferte durch die Angabe der eingesetzten Materialien und des Verwendungszwecks der Bauprodukte Hinweise auf eine mögliche Freisetzung von gefährlichen Stoffen in die Umweltmedien Boden, Grundwasser oder Innenraum bzw. auf den Gehalt gefährlicher Stoffe. Eine konkrete Beurteilung des Auslaug- und Emissionsverhaltens von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten kann jedoch in der Regel nur durch die Auswertung von durchgeführten Untersuchungen erfolgen.

Mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben ist am konkreten Beispiel ausgewählter Bauprodukte ein erster Anfang gemacht, den Gesundheits- und Umweltschutz systematisch in europäischen technischen Spezifikationen zu berücksichtigen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass eine detaillierte Betrachtung für alle Bauprodukte notwendig ist. Dabei ist zu bedenken, dass die einzelnen Bauprodukte als Beispiel gewählt wurden, weil über diese sogar noch vergleichsweise viele Erkenntnisse zum Freisetzungsvor-

verhalten vorliegen. Grundsätzlich ist festzustellen, dass dem Aspekt der Freisetzung von gefährlichen Stoffen bislang viel zu wenig Bedeutung beigemessen wurde. Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass es für viele Stoffe keine Prüfverfahren gibt. Gleichzeitig existieren innerhalb der Europäischen Union für einzelne Stoffe viele verschiedene nationale Prüfverfahren. Für eine adäquate Erarbeitung von Gesundheits- und Umweltanforderungen ist es notwendig, dass sich alle Mitgliedstaaten auf harmonisierte europäische Prüfmethoden festlegen.

An der Problematik des oft nicht bekannten Freisetzungsverhalten von gefährlichen Stoffen aus Bauprodukten sowie den fehlenden Prüfmethoden muss verstärkt geforscht werden. Derzeit werden Mandate für harmonisierte Prüfmethoden ausgearbeitet. Mit der Verabschließung der Prüfmethoden ist allerdings nicht vor dem Jahr 2008 zu rechnen. Für die Übergangszeit sind deshalb dringend Zwischenlösungen zu erarbeiten.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass im Geltungsbereich der Bauproduktenrichtlinie bislang nur die Nutzungsphase des Bauprodukts betrachtet wird. Aus gesundheitlichen und ökologischen Gründen sollte allerdings der gesamte Lebensweg eines Produkts in die Bewertung mit einfließen. Neben der Nutzungsphase wäre für den gesamten Lebenszyklus demnach auch die Herstellung und Entsorgung des Bauprodukts gleichermaßen zu berücksichtigen.

## 8 Literaturverzeichnis

1. Angaben der Homepage des **Europäischen Verbandes der Bauprodukthersteller (CEPMC)** unter [www.cepmc.org](http://www.cepmc.org)
2. Beschluss Nr. 2179/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. September 1998 über die Überprüfung des **Programms der Europäischen Gemeinschaft für Umweltpolitik und Maßnahmen im Hinblick auf eine dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung** "Für eine dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung", Amtsblatt Nr. L 275 vom 10.10.1998, S. 0001 - 0013
3. Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die **Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe** (67/548/EWG) vom 27. Juni 1967, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. P 196 vom 16.08.1967, S. 0001 – 0098. Eine durch Anpassungen und Änderungen ergänzte Fassung der Richtlinie zum herunterladen bietet z.B. die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin unter <http://www.baua.de/suchen/index.htm>
4. **Richtlinie 98/34/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften, Amtsblatt Nr. L 204 vom 21.07.1998, S. 0037 – 0048
5. Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (**89/106/EWG**), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 40/12 vom 11.02.1989, geändert durch die Richtlinie des Rates 93/106/EWG vom 22.07.1993 (Abl. L220 v. 30.08.1993)
6. Vertrag von Amsterdam zur Änderung des Vertrags über die Europäische Union, der **Verträge zur Gründung der Europäischen Gemeinschaften** sowie einiger damit zusammenhängender Rechtsakte, unterzeichnet in Amsterdam am 2. Oktober 1997, Amtsblatt C 340 vom 10.11.1997
7. Entschließung des Rates vom 7. Mai 1985 über eine **neue Konzeption auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und der Normung**, Amtsblatt Nr. C 136 vom 04.06.1985 („Council Resolution of 7 May 1985 on a new approach to technical harmonization and standards“), Amtsblatt Nr. C 136/1, 04.06.1985
8. **Grundlagendokument Wesentliche Anforderung Nr. 3 "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz"** der Richtlinie des Rates 83/106/EWG
9. Guidance Paper H: A harmonized approach relating to dangerous substances under the Construction Products Directive (CONSTRUCT 99/363 Rev.1) abschließende Beratung im Ständigen Ausschuss im Dezember 1999 (**Leitpapier H**)

10. Richtlinie 76/769/EWG des Rates vom 27. Juli 1976 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für **Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen**, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 262 vom 27.09.1976, S. 0201 – 0203. Eine konsolidierte Fassung, die die zugehörigen Änderungen und Berichtigungen enthält ist verfügbar unter: [http://europa.eu.int/eur-lex/de/consleg/main/1976/de\\_1976L0769\\_index.html](http://europa.eu.int/eur-lex/de/consleg/main/1976/de_1976L0769_index.html)
11. Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 (**Bauproduktengesetz** – BauPG), BGBI. Teil I Nr. 25, 1998, S. 813
12. **Musterbauordnung (MBO)**, November 2002, Hrsg.: Konferenz der für das Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU)
13. **Bauregelliste A, B und Liste C**, Ausgabe 2003/1, DIBt-Mitteilungen, Sonderheft Nr. 28, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 2003
14. Entscheidung des Technical Board von CEN (BT N 6106) vom 27. März 2000
15. **Model Clauses** on Identification endorsed at Technical Board of EOTA on 15/16.10.2002
16. Ahlers, J., Greiner, P., Stolzenberg, H.-C.: **Neue Wege in der Europäischen Chemikalienpolitik**, Umweltmedizinischer Informationsdienst, März 2002, S. 32 - 34
17. Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates vom 23. März 1993 zur **Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe**, Amtsblatt Nr. L 084 vom 05.04.1993, S. 0001 - 0075
18. **Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts** (WHG) vom 19.08.2002, BGBI I, S. 3245
19. Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (**Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG -**) vom 27. September 1994, BGBI. I, 1994, S. 2705
20. **Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser**, Teil 1 (Fassung November 2000), Merkblatt, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Reihe M, Heft 1
21. **Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus Bauprodukten**, Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), Juni 2002, abrufbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/uba-infodaten/daten/voc.htm>
22. DIN EN 206-1, Juli 2001, **Beton: Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität**

23. Göttges, D.; Volland, G.: **Umweltverträglichkeit mineralischer Baustoffe: Inhaltsstoffe und Emission**, Sachstandsbericht Nr. 4417, Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (FMPA), Stuttgart, 1998
24. Hohberg, I.: **Charakterisierung, Modellierung und Bewertung des Auslaugverhaltens umweltrelevanter, anorganischer Stoffe aus zementgebundenen Baustoffen**, Hrsg.: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), FB 07 des NA Bau im DIN (Deutsches Institut für Normung), Beuth-Verlag GmbH Berlin, 2003
25. **Building Materials (Soil and Surface Waters Protection) Decree** (Bouwstoffenbesluit), The Hague, 1999
26. Prof. Dr.-Ing. Brameshuber, Vollpracht, A.: **Erarbeitung eines Grundsatzpapiers zur Feststellung der Umweltverträglichkeit von genormten Betonausgangsstoffen**, Abschlußbericht F 836, Institut für Bauforschung der RWTH Aachen, Aachen, 2002
27. Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): **Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen**, Technische Regeln, 4. Auflage, Erich-Schmidt-Verlag, 1998
28. DIN EN 12457-4, Januar 2003, **Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung**; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlamm - Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung)
29. DIN 38414-S4, Oktober 1984, **Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S)**; Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4)
30. **Auslaugbarkeit, Feststoffgehalte, Modifiziertes DEV-S4-Verfahren**, Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (TP Min-StB), Teil 7.1.1, FGSV 610, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV Verlag, Köln, 1999
31. **Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich**, Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 33, LAGA EW 98, ISBN 3 503 07038 9, 2002
32. Auskunft von Fr. Dr. Bialucha, Forschungsgemeinschaft Eisenhütten schläcken e.V. (FEhS), Duisburg, 4. Juni 2003
33. DIN EN 1744-3, November 2002, Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 3: **Herstellung von Eluaten durch Auslaugung von Gesteinskörnungen**
34. **Trogverfahren**, Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (TP Min-StB), Teil 7.1.2, FGSV-Nr. 610, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV-Verlag, Köln, 1999

35. NEN 7345, März 1995, Niederländische Norm, Auslaugungscharakteristiken von festen Boden- und steinartigen Baumaterialien und Abfallstoffen. Auslaugungsprüfungen. **Bestimmung der Auslaugung anorganischer Komponenten aus geformten und monolithischen Materialien mit der Diffusionsprüfung**
36. Bestimmung der Freisetzung anorganischer Stoffe durch Auslaugung aus zementgebundenen Baustoffen, **Eignungsversuch zur Charakterisierung des Langzeitauslaugverhaltens**, Entwurf, 5. Fassung (02.2002 rev1), UA des DAfStb "Umweltverträglichkeit von Beton", Arbeitsgruppe "Normung von Auslaugverfahren"
37. **Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (TrinkwV 2001)** vom 21. Mai 2001, BGBl. I Nr. 24 vom 28.05.2001, S. 959
38. **Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)** vom 12. Juli 1999, BGBl. I 1999, S. 1554
39. **Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz (GAP-Papier)**, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Mai 2002
40. Iffland, H.; Bialucha, R.; Motz, H.: **Auswirkungen der niederländischen Baustoffverordnung auf den Baustoffexport**, Report des Forschungsinstituts, Forschungsgemeinschaft Eisenhütten schlacken e.V., Duisburg, Dezember 1999
41. M 114: Auftrag für CEN/CENELEC über harmonisierte Normen für **Zement, Baukalk und andere hydraulische Binder**, Europäische Kommission, Generaldirektion Industrie, Brüssel, Mai 1997
42. **Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für chromathaltige Zemente und chromathaltige zementhaltige Zubereitungen**, Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 613, Ausgabe Juli 1999, zuletzt geändert: BArBBl. Heft 7-8/2000
43. DIN EN 197, Februar 2001, **Zement: Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement**
44. Schriftliche Mitteilung der European Cement Association (CEMBUREAU), Brüssel, 17. April 2003
45. Spanka, G., Thielen, G.: **Freisetzung flüchtiger Substanzen aus zementgebundenen Bauprodukten** (Teil 1+2). In: Beton 49 (1999), Nr. 2, S. 111-114, Nr. 3, S. 173-177, 1999
46. **Jahresbericht 2001 – 2002**, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (BDZ), Köln, 2002
47. **Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2001**, Verein Deutscher Zementwerke e. V., Düsseldorf, 2002

48. Hohberg, I., Müller, C., Schießl, P., Volland, G.: **Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe**, Sachstandsbericht, Heft 458, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Beuth-Verlag, Berlin, 1996
49. Achternbosch, M.; Bräutigam, K.-R.; Hartlieb, N.; Kupsch, C.; Richers, U.; Stemmermann, P.: **Untersuchung des Einflusses der Mitverbrennung von Abfällen in Zementwerken auf die Schwermetallbelastung des Produktes im Hinblick auf die Zulässigkeit der Abfallverwertung**, Forschungsvorhaben, UFO-Plan (200 33 335), Umweltbundesamt, Berlin, 2003
50. Richtlinie des Rates über **Abfälle** (75/442/EWG) vom 15. Juli 1975, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 194 vom 25. Juli 1975, S. 39 - 41
51. **Maßstäbe und Kriterien für die energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken**, Entwurf, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Oktober 1997
52. **Güte- und Prüfbestimmungen für Sekundärbrennstoffe**, Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V., Köln, Juni 2001
53. **Richtlinie Entsorgung von Abfällen in Zementwerken**, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 1998
54. **Anforderungen an Ersatzbrennstoffe aus Abfällen für die Zementindustrie**, Abschlußbericht, Kommunikation und Projektsteuerung GmbH (BZL), Deutsche Projekt Union GmbH (DPU), Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, September 2000
55. **Europäische Normung in den Bereichen "Feste Biobrennstoffe" und "Feste Biobrennstoffe aus Abfällen"**, DIN-Mitteilungen 81, 2002, Nr. 4, S. 245 – 247
56. Begründung zu dem Vorschlag 2002/0206 (COD) zur **26. Änderungsrichtlinie** zur Beschränkungsrichtlinie vom 16. August 2002, EG-Kommission (COM (2002) 459 endg.)
57. Richtlinie 2003/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2003 zur 26. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über **Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Nonylphenol, Nonylphenolethoxylat und Zement)**, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 178 vom 17.07.2003, S. 0024 – 0027
58. M 125: Auftrag für CEN/CENELEC über harmonisierte Normen für **Zuschlagstoffe**, Europäische Kommission, Generaldirektion Industrie, Brüssel, Juli 1998
59. DIN EN 12620, April 2003, **Gesteinskörnungen für Beton**
60. DIN EN 13055-1, August 2002, Leichte Gesteinskörnungen - Teil 1: **Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel**

62. Market, environment and objectives of CEN/TC 154 – **Aggregates**, as approved by resolution BT C 146/1999, abrufbar unter [www.cenorm.be](http://www.cenorm.be)
63. **Report** des Forschungsinstituts der Forschungsgemeinschaft Eisenhütten-schlacken e.V. (FEhS), Duisburg, Dezember 2002
64. Forschungsgemeinschaft Eisenhütten-schlacken e.V., Duisburg, abrufbar unter [www.fehs.de](http://www.fehs.de)
65. **Güte- und Prüfbestimmungen für Metallhüttenschlacken**, RAL-GZ 511, Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL), 2003
66. **Aufbereitung und Verwertung von Kläranlagen- und Kanalsand**, Abschlußbericht, IWB – Gemeinnütziges Institut Wasser und Boden e.V., Sankt Augustin, 2000
67. Entscheidung der Kommission vom 16. Januar 2001 zur **Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis** (2001/118/EG), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 047 vom 16.02.2001, S. 0001 - 0031
68. DIN 4301, April 1981, **Eisenhütten-schlacke und Metallhüttenschlacke im Bauwesen**
69. DIN V 20000-102 (Vornorm), Manuskript, September 2003, Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken, Teil 102: **Gesteinskörnung nach DIN EN 12620**
70. **Richtlinie 75/442/EWG des Rates vom 15. Juli 1975 über Abfälle**, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 194 vom 25.07.1975, S. 0039 - 0041
71. Schriftliche Mitteilung von Dr. Nonte, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, 23.05.2003
72. DIN V 20000-103 (Vornorm), Manuskript, September 2003, Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken, Teil 103: **Leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055-1**
73. DIN 4226-100, Februar 2002, Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel - Teil 100: **Rezyklierte Gesteinskörnungen**
74. M 128: Auftrag für CEN/CENELEC über harmonisierte Normen für **Erzeugnisse für Beton, Mörtel und Einpressmörtel**, Europäische Kommission, Generaldirektion Industrie, Brüssel, Januar 1999
75. DIN EN 450 (Entwurf), Arbeitspapier vom Juli 2003, **Flugasche für Beton – Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien**
76. DIN EN 934-2, Februar 2002, Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel, Teil 2: **Betonzusatzmittel**; Definitionen und Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung

77. DIN V 18998, November 2002, **Beurteilung des Korrosionsverhaltens von Zusatzmitteln nach Normenreihe DIN EN 934**
78. DIN V 20000-100, November 2002, Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken, Teil 100: **Betonzusatzmittel nach DIN EN 934-2:2002-02**
79. DIN EN 12878 (Entwurf), Dezember 2003, **Pigmente zum Einfärben von zement- und/oder kalkgebundenen Baustoffen - Anforderungen und Prüfung**
80. DIN EN 13263 (Entwurf), Oktober 2002, **Silikastaub für Beton - Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien**
81. **Flugasche im Beton**, Tiefbau 4/2002, S. 224 - 225
82. Vissers, J., Hohberg, I., Wiens, U.: **Fly ash obtained from co-combustion – A report on the situation in Europe**, Draft CEN Report, Arnhem and Aachen, November 29, 2001
83. **Klärschlammverordnung (AbfKlärV)** vom 15. April 1992, BGBl. I, S. 912, zuletzt geändert am 26.11.2003, BGBl. I, S. 2373
84. **Betonzusatzmittel und Umwelt**, Sachstandsbericht, Deutsche Bauchemie, Frankfurt, 1999
85. **Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen** (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 15. November 1999, BGBl. I S. 1045
86. **Umweltverträglichkeit von Betonzusatzmitteln**, Fachverband Schweizerischer Hersteller von Betonzusatzmitteln (FSHBZ), Zürich, November 1995
87. Prof. Dr.-Ing. Brameshuber, Brockmann, J., Rankers, R.: **Emission von umweltrelevanten organischen Bestandteilen aus Betonen mit organischen Betonzusatzstoffen**, Abschlußbericht F 626, Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (IBAC), 1999
88. Volland, G.: **Betonzusatzmittel in Beton – Untersuchungen zum Nachweis von Zusatzmitteln und deren mobiler Reaktions- bzw. Abbauprodukte in Betonen nach Extraktion mittels polarer Lösemittel mit Hilfe der Kernresonanzspektrometrie**, Abschlußbericht, Forschungs- und Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen (FMPA), Stuttgart, 2003
89. **Evaluation of VOC emissions from building products – solid flooring materials**, ECA-IAQ (European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its impact on man"), Report No 18, EUR 17334 EN, European Commission, Joint research Centre, Environment Institute, 1997
90. **Indoor air quality, Organic pollutants**, Euro Reports and studies No. 111, World Health Organisation, Regional Office for Europe, Copenhagen, 1989
91. DIN EN 13419-1 (Entwurf), Januar 2003, Bauprodukte - Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) - Teil 1: **Emissionsprüfkammer-Verfahren**

92. DIN EN 13419-2 (Entwurf), Januar 2003, Bauprodukte - Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen - Teil 2: **Emissionsprüfzellen-Verfahren**
93. DIN EN 13419-3 (Entwurf), Januar 2003, Bauprodukte - Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen - Teil 3: **Verfahren zur Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke**
94. ISO 16000-6, März 2004, Indoor air - Part 6: **Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air** by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID
95. Dr. Thomas Smola, **Münchener Gefahrstofftage**, Bundesarbeitsblatt 1/2003, S. 26 – 27
96. **Zulassungsgrundsätze** zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen, Teil I: Allgemeines Bewertungskonzept, Teil II: Bewertungskonzepte für spezielle Bauprodukte: Bodenbeläge und Klebstoffe, Stand Juni 2004, (Entwurf), Veröffentlichung in den DIBt-Mitteilungen 08/2004, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin, 2004
97. **Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz** (AltholzV – Altholzverordnung) vom 15. August 2002, BGBl. I 2002, S. 3302
98. DIN ISO 16000-3, August 2002, Innenraumluftverunreinigungen - Teil 3: **Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen**: Probenahme mit einer Pumpe
99. **Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung, ChemVerbotsV)** vom 13. Juni 2003, BGBl. I Nr. 26, S. 867
100. M 119: Auftrag an CEN/CENELEC über harmonisierte Normen für **Bodenbeläge**, Europäische Kommission, Generaldirektion Industrie, Bauwirtschaft, Brüssel, November 1997
101. **Marktentwicklung Bodenbeläge Deutschland von 1990 bis 2002**, Statistisches Bundesamt, Intermarket, DKV 01/2003
102. DIN ISO 2424, Januar 1999, **Textile Bodenbeläge** - Begriffe
103. EN 13297 rev (Entwurf), **Textile Bodenbeläge** - Einstufung von Polvlies-Bodenbelägen
104. Buurmann, D.: **Lexikon der textilen Raumausstattung**, Buch und Medien Verlag Buurmann KG, Konstanz, 2002
105. EN 1470 rev (Entwurf), **Textile Bodenbeläge** - Einstufung von Nadelvlies-Bodenbelägen, ausgenommen Polvlies-Bodenbeläge

106. Fischer, M., Gürke-Lang, B., Diel, F.: **Textile Bodenbeläge – Eigenschaften, Emissionen, Langzeitbeurteilung**, Institut für Umwelt und Gesundheit (IUG), Fulda, C.F. Müller Verlag, Heidelberg, 2000
107. Mitteilung von Herrn Dr. Vankann, Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. (GUT), Aachen, 24.02.2004
108. Leisewitz, A., Kruse, H., Schramm, E.: **Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammenschutzmittel**, Forschungsbericht, Büro für Umweltforschung und –beratung GmbH, Hrsg.: UBA-Texte 25/01, Umweltbundesamt, Berlin, 2001
109. **GUT, Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V.**, Aachen, Informationen der Homepage [www.gut-ev.de](http://www.gut-ev.de), Stand: Januar 2004
110. Baumann, W., Muth, A.: **Farben und Lacke 1 – Daten und Fakten zum Umweltschutz**, Springer-Verlag, 1997
111. DIN EN 12466, Juni 1998, **Elastische Bodenbeläge** - Begriffe
112. **PVC: Daten, Fakten, Perspektiven**, Hrsg.: AgPU, API, PVCH, VKE, Mai 2003
113. **Haltbar und strapazierfähig – Fußbodenbeläge aus PVC**, PVCplus Kommunikations GmbH, Bonn, 1999
114. **Vinyl 2010 – Freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Industrie zur nachhaltigen Entwicklung**, Forschungsbericht, Vinyl 2010, Brüssel, 2003
115. **Weich-PVC**, API PVC- und Umweltberatung, Österreichs Branchenvertretung der PVC-Hersteller, abrufbar unter [www.pvc.at/d/themen\\_weich\\_print\\_0301\\_1.htm](http://www.pvc.at/d/themen_weich_print_0301_1.htm)
116. Kersten, W., Reich, T.: **Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben**, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63 (2003), Nr. 3, S. 85 – 91
117. Ahrens, A., Böhm, E., Heitmann, K., Hillenbrand, T.: **Leitfaden zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe**, Ökopol – Institut für Ökologie und Politik GmbH, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin, 2003
118. **Polyvinylchlorid (PVC)**, Stand 1. März 2001, Umweltbundesamt, abrufbar unter [www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/polyvinylchlorid.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/polyvinylchlorid.htm)
119. **PVC-Bodenbeläge**. Testbericht, Ratgeber Bauen, Wohnen, Renovieren, April 2002, Öko-Test Verlag GmbH, Frankfurt, 2002
120. **Polyolefin**, Produktinformation, Schönox GmbH, Rosendahl, Juni 2000
121. Kohmanns, B.: **Flammenschutzmittel**, Fachinformation "Umwelt und Gesundheit", Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, 1996

122. EN 548 rev (Entwurf), Elastische Bodenbeläge - **Spezifikation für Linoleum** mit und ohne Muster
123. DIN EN 686, September 1997, Elastische Bodenbeläge - **Spezifikation für Linoleum** mit und ohne Muster mit Schaumrücken
124. DIN EN 687, September 1997, Elastische Bodenbeläge - **Spezifikation für Linoleum** mit und ohne Muster mit Korkmentrücken
125. Linoleum, **LGA, Nürnberg**, Information von der Homepage der LGA Nürnberg, abrufbar unter [www.lga.de](http://www.lga.de), Stand: Oktober 2003
126. **DIN EN 1816**, Mai 1998, Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für homogene und heterogene ebene Elastomer-Bodenbeläge mit Schaumstoffbeschichtung
127. **DIN EN 1817**, Mai 1998, Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für homogene und heterogene ebene Elastomer-Bodenbeläge
128. **DIN EN 12199**, Mai 1998, Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für homogene und heterogene profilierte Elastomer-Bodenbeläge
129. DIN EN 14521 (Entwurf), September 2002, Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für ebene **Elastomer-Bodenbeläge** mit oder ohne Schaumunterlage mit einer dekorativen Schicht
130. Schriftliche Mitteilung von Freudenberg Bausysteme KG, Weinheim, 11. Februar 2004
131. DIN EN 12104, Oktober 2000, Elastische Bodenbeläge - **Presskorkplatten** - Spezifikation
132. **Das Kork-Logo**, Qualitäts-Sicherungs-System für Kork-Bodenbeläge, ECO-Umweltinstitut Köln, Januar 2003
133. DIN EN 13329, September 2000, **Laminatböden** - Spezifikationen, Anforderungen und Prüfverfahren
134. DIN EN 309, August 1992, **Spanplatten**; Definition und Klassifizierung
135. DIN EN 316, Dezember 1999, **Holzfaserplatten** - Definition, Klassifizierung und Kurzzeichen
136. DIN EN 13629, Juni 2003, Holzfußböden - **Massive Laubholzdielen**
137. DIN EN 13489, Mai 2003, Holzfußböden - **Mehrschichtparkettkomponenten**
138. DIN EN 335-1, September 1992, Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten; Definition der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall; Teil 1: **Allgemeines**
139. **Innenraumlufthygiene-Kommission**, Informationen abrufbar unter [www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/irk.htm#1](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/irk.htm#1)

140. Informationen des **Joint Research Centre** der Europäischen Kommission, abrufbar unter [www.jrc.cec.eu.int](http://www.jrc.cec.eu.int)
141. Fischer, M., Diel, F., Diel, E.: **Modellversuch und Prüfkammeruntersuchungen zur Beurteilung von Innenraumbelastungen durch textile Bodenbeläge und Textilbelagsklebstoffe**, aus: Gebäudestandard 2000 – Energie und Raumluftqualität, Arbeitsgemeinschaft Ökologische Forschungsinstitute (AGÖF), Springer-Eldagsen, 1998
142. Becker, S., Schumacher, B.: **Kunststoffteppichböden. Es knistert.** Ratgeber Bauen, Wohnen, Renovieren, Öko-Test Verlag GmbH, Frankfurt, 2001/2002
143. Wilke, O., Jann, O., Brödner, D.: **VOC- und SVOC-Emissionen aus Fußbodenaufläufen und den dafür verwendeten Materialien.** Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63 (2003), Nr. 3, S. 92 – 98
144. **Handlungsfelder und Kriterien für eine vorsorgende nachhaltige Stoffpolitik am Beispiel PVC**, Umweltbundesamt, Berlin, Erich-Schmidt-Verlag, 1999
145. Braun, P., Marchl, D.: **Weichmacher in Innenräumen**, B.A.U.C.H., Beratung und Analyse – Verein für Umweltchemie e.V., Berlin, 1992
146. Reiser, R.; Meile, A.; Hofer, C. and Knutti, R.: **Indoor air pollution by volatile organic compounds (VOC)** emitted from flooring material in a technical university in Switzerland, Proceedings: Indoor Air 2002, p. 1004-1009
147. Informationen der Homepage [www.oekokauf.wien.at](http://www.oekokauf.wien.at)
148. Wiglusz, R.; Sitko, E.; Nikel, G.; Jarnuszkiewicz, I. and Igielska, B.: The effect of temperature on the **emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOCs) from laminate flooring** — case study, Building and Environment 37 (2002) 41–44
149. Marutzky, R.: **Umweltrelevante Eigenschaften von Laminatböden**, Kurzfassung, Wilhelm-Klauditz-Institut für Holzforschung, 1996
150. Berger-Preiß E., Levsen, K., Ranft, U.: **Innenraumuntersuchungen zur Permethrinbelastung in Wohnungen mit Wollteppichen und Wollteppichböden**, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 62 (2002), Nr. 3, S. 99 - 101
151. **Gesundheitliche Bewertung von Permethrin in Wollteppichen**, Stellungnahme des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) vom Dezember 2000, Berlin
152. DIN EN 14041 (Entwurf), Juni 2001, **Elastische, textile und Laminat-Bodenbeläge** - Anforderungen für Gesundheit, Sicherheit und Energieeinsparung
153. **DIN EN 717-1**, (Entwurf), August 2002, Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode

154. DIN EN 717-2, Januar 1995, Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 2: Formaldehydabgabe nach der Gasanalyse-Methode  
**DIN EN 717-2 Berichtigung 1**, Juni 2003, Berichtigungen zu DIN EN 717-2:1995
155. DIN EN 14342 (Entwurf), März 2002, **Holzfußböden** - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung
156. DIN EN 335-2, Oktober 1992, Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten; Definitionen der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall; Teil 2: **Anwendung bei Vollholz**
157. DIN EN 335-3, September 1995, Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Definition der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall - Teil 3: **Anwendung bei Holzwerkstoffen**
158. DIN 68800-3, April 1990, Holzschutz: **Vorbeugender chemischer Holzschutz**
159. DIN 68800-5, Mai 1978, Holzschutz im Hochbau: **Vorbeugender chemischer Schutz von Holzwerkstoffen**
160. Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über **das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten**, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 123 vom 24.04.1998, S. 0001 - 0063
161. DIN EN 13986, September 2003, **Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen** - Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung
162. European Union Risk Assessment Report: Bis(pentabromophenyl)ether. 1st Priority List, Vol. 17. European Commission Joint Research Centre, EUR 20402 EN, 2002.
163. Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates vom 23. März 1993 zur **Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe**, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 084 vom 05.04.1993, S. 1 - 75
164. **Bis(2-ethylhexyl)-phthalate**, Risk Assessment, Consolidated final report (Draft), December 2001. Abrufbar unter <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>
165. European Union Risk Assessment Report: **Dibutylphthalate (DBP)**. 1st Priority List, Vol. 29, European Commission, Joint research centre, EUR 19840 EN, 2003, with addendum 2004. Abrufbar unter <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>
166. European Union Risk Assessment Report: 1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C8-10-branched alkyl esters, C9-rich and **di-“isononyl” phthalate (DINP)**. 2nd Priority List, Vol. 35, European Commission, Joint research centre, EUR 20784 EN, 2003. Abrufbar unter <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>
167. European Union Risk Assessment Report: 1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C9-11-branched alkyl esters, C10-rich and **di-“isodecyl” phthalate (DIDP)**. 2nd Priority List, Vol. 36, European Commission, Joint research centre, EUR 20785 EN, 2003. Abrufbar unter <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>

- 168. **N-Nitrosamine**, Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 552, Ausgabe März 1996, zuletzt geändert BArbBl. Heft 9/1998
- 169. **Elastische Bodenbeläge**, Richtlinie UZ 42, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Januar 2003
- 170. **EPF Industry Standard**, The use of recycled wood for wood-based panels, European Panel Federation, Brussels, November 1999
- 171. **Ecolabelling of Windows**, Criteria document, 12 December – 22 October 2005, Version 2,0, 12 December 2001, Nordic Ecolabelling, abrufbar unter <http://www.svanen.nu>
- 172. **Windows**, GS 13, Second Edition, March 21, 1995, Green Seal, abrufbar unter <http://www.greenseal.org>
- 173. **Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften**, UZ 43, Stand 1. Juli 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 174. **Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen**, UZ 44, Stand 1. Juli 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 175. **Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen**, UZ 45, Stand 1. Januar 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 176. **Dämmstoffe aus Schafwolle**, Vergaberichtlinie 0103, Ausgabe März 2002, Natureplus e.V., Neckargemünd, 2002, abrufbar unter [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)
- 177. **Thermal Insulation**, Certification Criteria, 1998 - 2003, Environmental choice, Canada, abrufbar unter [www.environmentalchoice.com](http://www.environmentalchoice.com)
- 178. **Insulation**, Standards, 2002, Greenguard Environmental Institute, Atlanta, Georgia, abrufbar unter [www.greenguard.org](http://www.greenguard.org)
- 179. **Recyclinggipsprodukte**, RAL-ZU 60, Vergabegrundlage, Ausgabe Januar 2000, RAL, St. Augustin, abrufbar unter [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)
- 180. **Gypsum Plasterboard**, Voluntary Environmental Standard Labelling Standard, Draft, The Australian Environmental Labelling Association, 15 November 2001, abrufbar unter [www.aela.org.au](http://www.aela.org.au)
- 181. **Gypsum Wallboard**, Certification Criteria, 1998 –2003, Environmental choice, Canada, abrufbar unter [www.environmentalchoice.com](http://www.environmentalchoice.com)
- 182. **Emissionsarme Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen**, RAL-UZ 38, Vergabegrundlage, Ausgabe April 2002, RAL, St. Augustin

- 183. **Holz und Holzwerkstoffe**, UZ 07, Stand 1. Juli 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 184. **Ecolabelling of Panels for the building, decorating and furniture industry**, Criteria document, Nordic Ecolabelling, abrufbar unter <http://www.svanen.nu>
- 185. **Mauersteine, Mantelsteine, Wandelemente, hydraulisch gebunden**, UZ 39, Stand 1. Januar 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 186a. **Kanalrohre aus Kunststoffen**, UZ 41, Stand 1. Januar 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 186b. **Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen**, Vergaberichtlinie 0209, Ausgabe November 2003, Natureplus e.V., Neckargemünd, 2003, abrufbar unter [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)
- 187a. **Ecolabelling of floorings**, Criteria document, 12 March 2002 – 14 December 2005, Version 3.0, Nordic Ecolabelling, December 2001, abrufbar unter <http://www.svanen.nu>
- 187b. **Ecolabelling of Textiles**, Criteria document, 3 December 1999 – 15 June 2005, Version 2.5, Nordic Ecolabelling, March 2002, abrufbar unter <http://www.svanen.nu>
- 188. Entscheidung der Kommission vom 25. März 2002 zur Festlegung der Umweltkriterien für die Vergabe des Umweltzeichens der Gemeinschaft für **harte Bodenbeläge** (2002/272/EG), K (2002), 1174
- 189. **Hard surface flooring**, Standards, 2002, Greenguard Environmental Institute, Atlanta, Georgia, abrufbar unter [www.greenguard.org](http://www.greenguard.org)
- 190. **Textile Bodenbeläge**, Vergaberichtlinie 1400, Ausgabe Juli 2003, Natureplus e.V., Neckargemünd, 2003, abrufbar unter [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)
- 191. **Ökotex-Standard 100**, Allgemeine und spezielle Bedingungen, Ausgabe 1. März 2004, Öko-Tex, Zürich, abrufbar unter [www.oeko-tex.com](http://www.oeko-tex.com)
- 192. **Textile Fußbodenbeläge**, UZ 35, Stand 1. Juli 2003, Österreichisches Umweltzeichen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2003, abrufbar unter [www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)
- 193. **Wool pile carpet**, Voluntary Environmental Standard Labelling Standard, The Australian Environmental Labelling Association, 24 October 2002, abrufbar unter [www.aela.org.au](http://www.aela.org.au)
- 194. **Carpeting**, Commercial Modular and Commercial non-modular textile floor covering, Certification Criteria, 1998 –2003, Environmental choice, Canada, abrufbar unter [www.environmentalchoice.com](http://www.environmentalchoice.com)

- 195. **Tapeten und Rauhfaser**, überwiegend aus Papier-Recycling, RAL-UZ 35a, Vergabegrundlage, Juli 2002, RAL St. Augustin, 2002
- 196. **Tapeten mit anderem Werkstoff**, RAL-UZ 35b, Vergabegrundlage, Juli 2002, RAL St. Augustin, 2002
- 197. **Tapeten**, RAL-GZ 479, Gütebestimmungen, Stand 2000, Gütegemeinschaft Tapete e.V., Frankfurt/Main, 2000
- 198. **Ecolabelling of Wall coverings**, Criteria document, 20 April 1998 – 14 March 2003, Version 2.1, Nordic Ecolabelling, June 1999, abrufbar unter <http://www.svanen.nu>
- 199. **Wallcovering**, Standards, 2002, Greenguard Environmental Institute, Atlanta, Georgia, abrufbar unter [www.greenguard.org](http://www.greenguard.org)
- 200. **Güte- und Prüfbestimmungen für Metallhüttenschlacken**, Entwurf, Juli 2003, Gütegemeinschaft Metallhüttenschlacken e.V., Duisburg, 2003
- 201. **Eisenhüttenschlacken**, RAL-GZ 510, Gütesicherung, Gütegemeinschaft Eisenhüttenschlacken e.V., Duisburg, 2003
- 202. **GEV-Emicode**, Gemeinschaft emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe e.V. (GEV), abrufbar unter [www.emicode.de](http://www.emicode.de)
- 203. **Adhesives**, Certification Criteria, 1998 –2003, Environmental choice, Canada, abrufbar unter [www.environmentalchoice.com](http://www.environmentalchoice.com)
- 204. **Adhesives**, Voluntary Environmental Standard Labelling Standard, The Australian Environmental Labelling Association, 11 March 2002, abrufbar unter [www.aela.org.au](http://www.aela.org.au)
- 205. **Commercial Adhesives**, GS 36, October 19, 2000, Green Seal, abrufbar unter <http://www.greenseal.org>
- 206. **FSHBZ-Gütesiegel**, Kriterien und Prüfverfahren, Stand: Januar 1998, Hrsg.: Technische Kommission des Fachverbands Schweizerischer Hersteller von Betonzusatzmitteln (FSHBZ), Zürich
- 207. Update of the Risk Assessment Report Vol.17, 2002 on (Environment only): bis(pentabromophenyl) ether [**decabromodiphenyl ether**]. Publication: EUR 20402 EN.
- 208. 2004/1/EG: Entscheidung der Kommission Vom 16. Dezember 2003 über die von den Niederlanden nach Artikel 95 Absatz 4 EG-Vertrag notifizierten einzelstaatlichen Bestimmungen zur Verwendung **kurzkettiger Chlorparaffine**, Amtsblatt nr. L 1 vom 03/01/2004 S. 0020 – 0036

## 9 Anhang

- Anhang A1:** **Recommendations of the Workshop 'Implementation of ER 3 in European Technical Specifications for Construction Products' (3 April 2003 in Berlin)**
- Anhang A2:** **Mandate der Europäischen Kommission an CEN zur Erarbeitung harmonisierter Bauproduktnormen**
- Anhang A3:** **Mandate der Europäischen Kommission an EOTA zur Erarbeitung harmonisierter Bauproduktzulassungsleitlinien (ETAG's)**
- Anhang A4:** **Bauprodukte mit CEN-Mandat: Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe**
- Anhang A5:** **Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20]**
- Anhang A6:** **Zuordnungswerte Z 2 der LAGA-Mitteilung "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" [27]**
- Anhang A7:** **Gehalts- und Immissionswerte für Baustoffe der Kategorie 1 (Anhang 2 des Niederländischen Baustoffbeschlusses) [25]**
- Anhang A8:** **27 Produkte der Familie der Normzemente nach DIN EN 197-1 [43]**
- Anhang A9:** **Liste mit Gesamtgehalten von umweltrelevanten Schwermetallen und Spurenelementen in Betonausgangsstoffen [26]**
- Anhang A10:** **NIK-Werte-Liste des AgBB-Bewertungsschemas für VOC und SVOC [21]**
- Anhang A11:** **Liste der freiwilligen Regelungen für Bodenbeläge**
- Anhang A12:** **Grenzwerte der Altholzverordnung für Holzhackschnitzel und Holzspäne zur Herstellung von Holzwerkstoffen [97]**

**Anhang A1: Recommendations of the Workshop 'Implementation of ER 3 in European Technical Specifications for Construction Products' (3 April 2003 in Berlin)**

**Recommendations concerning the implementation of the Essential Requirement 'Hygiene, health and the environment' (ER 3) in European technical specifications under the Construction Products Directive (CPD)**

1. The implementation of the Essential requirement No 3 should be given high priority by the European Commission and the Member States.
2. The principles of European environmental policy are to be integrated into the implementation process.
3. The Member States improve the support for the work of the Commission "Ad hoc group on regulated substances in construction products" and for standardisation by adequate allocation of regulatory and technical expertise.
4. An European expert group with clear terms of reference on the basis of the existing "Ad hoc group on regulated substances for construction products" should be established. This group should attain the status of a permanent expert group of the Standing Committee on Construction. In this way it could be ensured that any new development based on scientific facts and the respective changes in the national and EU level requirements will be taken into account when updating the existing mandates and drafting new mandates. Another aim of the expert group should be to assist the technical specification writers in implementing ER 3 under the CPD.
5. CEN should establish the most effective way of helping construction product TCs to define scenarios relevant to the additional characteristics to be mandated to meet the requirements of ER3 and, with the help of environmental TCs, the minimum number of test methods required to meet the identified objectives. A horizontal technical committee consisting of experts of both construction and environmental fields in CEN should be considered in order to integrate environmental expertise efficiently into standardisation in the construction sector.
6. "Positive lists" should be drafted for materials, which can be used without concern and thus without compulsory testing. Materials, from which harmful emissions do not occur, would qualify for the positive list.

7. The “ad hoc group” should draft the first horizontal mandates, which enable the inclusion of health and environmental aspects into technical specifications for construction products. Priority release paths to be considered are indoor air, soil, groundwater and surface water. The mandates should cover all relevant regulatory requirements. These include requirements on the release of dangerous substances into the environment, requirements limiting the content of certain substances in products, as well as requirements limiting the synergistic effects of all harmful substances present in a product.
8. In order to achieve legal security for the manufacturers of construction products it is important that the Member States intensify their efforts to notify to the Commission all the regulations concerning construction products.

These recommendations and further papers of the workshop are also available in Internet under:

<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/daten-e/bauprodukte/index.htm>

**Anhang A2: Mandate der Europäischen Kommission an CEN zur Erarbeitung harmonisierter Bauproduktnormen**

- M/100 Precast concrete products
- M/101 Doors, windows and related products
- M/102 Membranes
- M/103 Thermal insulating products
- M/104 Structural bearings
- M/105 Chimneys, flues and specific products
- M/106 Gypsum products
- M/107 Geotextiles
- M/108 Curtain walling
- M/109 Fire alarm/detection, fixed firefighting, fire and smoke control and explosion suppression products
- M/110 Sanitary appliances
- M/111 Circulation fixtures
- M/112 Structural timber products and ancillaries
- M/113 Wood-based panels
- M/114 Cement, building limes and other hydraulic binders
- M/115 Reinforcing and prestressing steel (for concrete)
- M/116 Masonry and related products
- M/118 Waste water engineering products
- M/119 Floorings
- M/120 Structural metallic products and ancillaries
- M/121 Internal and external wall and ceiling finishes
- M/122 Roof coverings, rooflights, roof windows and ancillary products
- M/124 Road construction products
- M/125 Aggregates
- M/126 Amendments to mandates M/100, M/101, M/102 and M/103
- M/127 Construction adhesives
- M/128 Products related to concrete, mortar and grout
- M/129 Space heating appliances
- M/130 Amendments to mandates M/100, M/101, M/102, M/103, M/105, M/106 and M/109.
- M/131 Pipes, tanks and ancillaries not in contact with water intended for human consumption
- M/132 Amendments to M/104, M/111 and M/119
- M/135 Flachglas, Profilglas, Glassteinerzeugnisse

**Anhang A3: Mandate der Europäischen Kommission an EOTA zur Erarbeitung harmonisierter Bauproduktzulassungsleitlinien (ETAG's)**

- ME/93-01 Structural sealant glazing systems
- ME/93-02 Metal anchors for concrete (heavy duty uses)
- ME/95-01 External thermal insulation composite systems (ETICS)
- ME/95-02 Metal anchors for use in concrete for fixing lightweight systems
- ME/95-03 Plastic anchors for use in concrete and masonry
- ME/95-04 Metal injection anchors for use in masonry
- ME/96-01 Mechanically fastened flexible waterproofing membranes
- ME/96-02 Internal partition kits
- ME/96-03 Liquid applied roof waterproofing kits
- ME/96-04 Systems of shuttering hollow blocks or plates made of insulation materials
- ME/96-05 Self supporting translucent roof kits
- ME/96-06 Prefabricated stair kits
- ME/97-01 Post tensioning kits for prestressing of structures
- ME/97-02 Light composite woodbased beams and columns
- ME/98-01 Timber frame & log prefabricated building kits
- ME/98-02 Fire stopping, fire sealing and fire protective products – Part 1
- ME/98-03 Fire stopping, fire sealing and fire protective products – Part 2

**Anhang A4: Bauprodukte mit CEN-Mandat: Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe**

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 100 Betonfertigteile</b>					
Produkte für Lagereinrichtungen	Silos	Normalbeton, Leichtbeton, vorgefertigter dampfgehärteter Porenbeton		CMR-Stoffe Kat. I/II Radioaktivität Schwermetalle VOC Einsatz von Abfällen	
Straßenausstattungen	Grenzzäune (Boundary fences)		EN 12839:2001		
Produkte für Fernmeldemasten und -türme	Verteilerkästen für Telekommunikation				
Produkte für die Stromversorgung	Maste und Pfosten				
Rahmen (einschl. Schornsteine und Schächte)	Lineare Strukturelemente Brückendeckenelemente	Vorgefertigter Normalbeton			
Produkte für Dächer	Dachelemente	Normalbeton, Leichtbeton, vorgefertigter dampfgehärteter Porenbeton			
Produkte für vorgefertigte Fußbodensysteme und Galerien, Treppen, Rampen, Doppelböden, Brüstungen und Geländer einschl. Außenbauwerke	Treppen				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 100 Betonfertigteile</b>					
Produkte für Fußböden, Galerien, Decken	Vorgefertigte Spannbeton-hohlplattendecken für Fußböden  Deckenplatten mit Stegen	Normalbeton, Leichtbeton, vorgefertigter dampfgehärteter Porenbeton		CMR-Stoffe Kat. I/II  Radioaktivität  Schwermetalle  VOC  Einsatz von Abfällen	
Produkte für Außenwände (einschl. Bekleidungen), Innenwände und Trennwände	Lasttragende Wandelemente Auflageelemente (Cladding elements)				
Produkte für Pfahlgründungen	Gründungspfähle	Vorgefertigter Normalbeton			
Produkte für Fundamente und Stützwände	Stützwandelemente	Normalbeton, Leichtbeton, vorgefertigter dampfgehärteter Porenbeton			
Produkte für Bodenbettungen (einschl. eingehängte Ge-schoßplatten), Straßen und andere Verkehrsflächen	Box culverts				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 101 Türen, Fenster, verwandte Produkte</b>					
Außen- und Innentüren und –fenster, Dachluken und Oberlichter (einschl. Brandschutztüren und –klappen)	Fenster mit oder ohne verbundenen Abschlüssen	Metall, Holz, Kunststoff, Glas	EN 13241-1:2003	Arsen (Holz) Benzol (Klebstoffe, Farben, Überzüge) Benzo(a)pyren (Holz) Biozide (Holz, Kunststoff) Blei (Stabilisatoren, Kunststofffenster) Cadmium, -verbindungen (Stabilisatoren, Kunststofffenster) Chlorparaffine (Kunststofffenster) Chrom (Holz, Metall) CMR-Substanzen Kat. I/II Formaldehyd Flammschutzmittel (Polybromierte Diphenylether, Kunststofffenster) Quecksilber (Holz) PCB/PCT Pentachlorphenol Phenole Phthalate (Weichmacher, PVC-Fenster) Teeröle VOC Zinnorganische Verbindungen (Kunststofffenster)	<u>Nordic Ecolabelling [171]: Ecolabelling of windows</u> <u>Green Seal (USA) [172]: Windows</u>
	Türen mit oder ohne verbundenen Abschlüssen				
	Tore				
	Baubeschläge	Metall, Kunststoff		Cadmium, -verbindungen (Kunststoff, Überzüge) Chrom (Metall)	

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 102 Dichtungsbahnen</b>					
Produkte für Bodenbettungen	Feuchtigkeitssperren	Kunststoff, Bitumen, Verbundstoffe		Benzo(a)pyren (Einsatz von Verschnittbitumen) Biozide (Kunststoff, Verbundstoffe, Bitumen, Herbizide) Blei (Stabilisatoren, PVC-Bahnen) Cadmium, -verbindungen (Kunststoff) CMR-Stoffe Kat. I/II Phthalate (Weichmacher, PVC-Bahnen)	
Produkte für Außen-, Innen- und Trennwände	Sperrsichten Wasserdampfdruckausgleichsschichten	Kunststoff, Bitumen			
Produkte für Dächer	Dachunterspannbahnen Wasserdampfdruckausgleichsschichten				
Produkte für Dachdeckschichten	Dachbahnen				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 103 Wärmedämmprodukte</b>					
Produkte für Bodenbettungen	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)	EN 13162:2001 EN 13163:2001 EN 13164:2001/ A1:2004 EN 13165:2001/ A1:2004 EN 13166:2001/ A1:2004 EN 13167:2001/ A1:2004 EN 13168:2001/ A1:2004 EN 13169:2001/ A1:2004 EN 13170:2001 EN 13171:2001/ A1:2004 prEN 14063-1 prEN 14316-1 prEN 14317-1	Benzo(a)pyren (Verschnitt-bitumen) Biopersistente Fasern Biozide (Gebrauchtholz, Holzfasern) CMR-Stoffe Kat. I/II Flammschutzmittel Formaldehyd (Kunstharz) Phenol (Kunstharz) Pyrethroide (Schafwolle) VOC	<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 43 [173]:</u> Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 44 [174]:</u> Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 45 [175]:</u> Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen  <u>Natureplus, RL 0103 [176]:</u> Dämmstoffe aus Schafwolle  <u>Environmental Choice (Kanada) [177]:</u> Thermal insulation  <u>Greenguard (USA) [178]:</u> Insulation
Produkte für Bodenbettungen	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)			

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 103 Wärmedämmprodukte</b>					
Produkte für Fundamente und Stützwände	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)	EN 13162:2001 EN 13163:2001 EN 13164:2001/ A1:2004 EN 13165:2001/ A1:2004 EN	Benzo(a)pyren (Verschnitt-bitumen) Biopersistente Fasern Biozide (Gebrauchtholz, Holzfasern) CMR-Stoffe Kat. I/II Flammschutzmittel Formaldehyd (Kunstharz) Phenol (Kunstharz) Pyrethroide (Schafwolle) VOC	<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 43 [173]:</u> Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 44 [174]:</u> Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 45 [175]:</u> Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen  Natureplus, RL 0103 [176]: Dämmstoffe aus Schafwolle
Produkte für Außen-, Innen- und Trennwände	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)	13166:2001/ A1:2004 EN 13167:2001/ A1:2004 EN 13168:2001/ A1:2004 EN		
Produkte für Außen-, Innen- und Trennwände	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	13169:2001/ A1:2004 EN 13170:2001 EN 13171:2001/ A1:2004 prEN 14063-1		<u>Environmental Choice (Kanada) [177]:</u> Thermal insulation  <u>Greenguard (USA) [178]:</u> Insulation
Produkte für Fußböden, Galerien, Decken	Fabrikhergestellte Produkte	Anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)	prEN 14316-1 prEN 14317-1		

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 103 Wärmedämmprodukte</b>					
Produkte für Fußböden, Galerien, Decken	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	EN 13162:2001 EN 13163:2001 EN 13164:2001/ A1/2004 EN 13165:2001/ A1:2004 EN 13166:2001/ A1:2004 EN 13167:2001/ A1:2004 EN 13168:2001/ A1:2004 EN 13169:2001/ A1:2004 EN 13170:2001 EN 13171:2001/ A1:2004 prEN 14063-1 prEN 14316-1 prEN 14317-1	Benzo(a)pyren (Verschnitt-bitumen) Biopersistente Fasern Biozide (Gebrauchtholz, Holzfasern) CMR-Stoffe Kat. I/II Flammschutzmittel Formaldehyd (Kunstharz) Phenol (Kunstharz) Pyrethroide (Schafwolle) VOC	<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 43 [173]:</u> Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 44 [174]:</u> Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 45 [175]:</u> Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen  <u>Natureplus_ RL 0103 [176]:</u> Dämmstoffe aus Schafwolle  <u>Environmental Choice (Kanada) [177]:</u> Thermal insulation  <u>Greenguard (USA) [178]:</u> Insulation
Produkte für Dächer	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)			
Produkte für Dächer	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)			
Produkte für Unterdecken	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)			

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 103 Wärmedämmprodukte</b>					
Produkte für Bekleidungen von Außen- und Trennwänden	Fabrikgefertigte Produkte	Anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	EN 13162:2001 EN 13163:2001 EN 13164:2001/ A1/2004 EN 13165:2001/ A1:2004 EN 13166:2001/ A1:2004 EN 13167:2001/ A1:2004 EN 13168:2001/ A1:2004 EN 13169:2001/ A1:2004 EN 13170:2001 EN 13171:2001/ A1:2004 prEN 14063-1	Benzo(a)pyren (Verschnitt-bitumen) Biopersistente Fasern Biozide (Gebrauchtholz, Holzfasern) CMR-Stoffe Kat. I/II Flammschutzmittel Formaldehyd (Kunstharz) Phenol (Kunstharz) Pyrethroide (Schafwolle) VOC	<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 43 [173]:</u> Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 44 [174]:</u> Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen  <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 45 [175]:</u> Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen  <u>Natureplus_ RL 0103 [176]:</u> Dämmstoffe aus Schafwolle  <u>Environmental Choice (Kanada) [177]:</u> Thermal insulation  <u>Greenguard (USA) [178]:</u> Insulation
Produkte für Bekleidungen von Innen- und Trennwänden	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)			
Produkte für Oberflächen von Decken	Fabrikgefertigte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)			
Produkte für Heiß- und Kaltwasserversorgung	Fabrikhergestellte Produkte	Anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)			
Produkte für Heiß- und Kaltwasserversorgung	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Zementbinder, Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	prEN 14316-1 prEN 14317-1		

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 103 Wärmedämmprodukte</b>					
Produkte zur Versorgung mit Brennstoff, Erdöl und anderen Flüssigkeiten	Fabrikhergestellte Produkte	Anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	EN 13162:2001 EN 13163:2001 EN 13164:2001/ A1/2004	Benzo(a)pyren (Verschnitt-bitumen) Biopersistente Fasern Biozide (Gebrauchtholz, Holzfasern)	<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 43 [173]:</u> Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften
Produkte zur Versorgung mit Brennstoff, Erdöl und anderen Flüssigkeiten	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Zementbinder, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	EN 13165:2001/ A1:2004 EN 13166:2001/ A1:2004 EN	CMR-Stoffe Kat. I/II Flammschutzmittel Formaldehyd (Kunstharz) Phenol (Kunstharz) Pyrethroide (Schafwolle) VOC	<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 44 [174]:</u> Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
Produkte für Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuum-systeme	Fabrikhergestellte Produkte	Kunststoff (geschäumt)	13167:2001/ A1:2004 EN 13168:2001/ A1:2004 EN		<u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 45 [175]:</u> Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen  <u>Natureplus, RL 0103 [176]:</u> Dämmstoffe aus Schafwolle
Produkte für Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuum-systeme	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	13169:2001/ A1:2004 EN 13170:2001 EN 13171:2001/ A1:2004		<u>Environmental Choice (Kanada) [177]:</u> Thermal insulation  <u>Greenguard (USA) [178]:</u> Insulation
Produkte für Raumheizung, Klimatisierung und Kühlung	Fabrikhergestellte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Glas (geschäumt)	prEN 14063-1 prEN 14316-1 prEN 14317-1		

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 103 Wärmedämmprodukte</b>					
Produkte für Raumheizung, Klimatisierung und Kühlung	Zur Herstellung auf der Baustelle bestimmte Produkte	Organische Fasern, anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt)	EN 13162:2001 EN 13163:2001 EN 13164:2001/ A1:2004 EN 13165:2001/ A1:2004 EN 13166:2001/ A1:2004 EN 13167:2001/ A1:2004 EN 13168:2001/ A1:2004 EN 13169:2001/ A1:2004 EN 13170:2001 EN 13171:2001/ A1:2004 prEN 14063-1 prEN 14316-1 prEN 14317-1	Benzo(a)pyren (Verschnitt-bitumen) Biopersistente Fasern Biozide (Gebrauchtholz, Holzfasern) CMR-Stoffe Kat. I/II Flammschutzmittel Formaldehyd (Kunstharz) Phenol (Kunstharz) Pyrethroide (Schafwolle) VOC	<p>Österreichisches Umweltzeichen UZ 43 [173]: Wärmedämmstoffe aus fossilen Rohstoffen mit hydrophoben Eigenschaften</p> <p>Österreichisches Umweltzeichen UZ 44 [174]: Wärmedämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</p> <p>Österreichisches Umweltzeichen UZ 45 [175]: Wärmedämmstoffe aus mineralischen Rohstoffen</p> <p>Natureplus, RL 0103 [176]: Dämmstoffe aus Schafwolle</p> <p>Environmental Choice (Kanada) [177]: Thermal insulation</p> <p>Greenguard (USA) [178]: Insulation</p>

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 104 Lager im Bauwesen</b>					
Rahmen (einschl. Schornsteine und Schächte)	Elastomerlager, Topflager, Rollenlager, Kipplager, Kalotten- und Zylingerlager, guide bearings and restraint bearings, Gleitteile	Elastomer, Stahl, Edelstahl, PTFE (Polytetrafluorethylen), Bronze, Aluminium, Gußeisen, Messing, POM	EN 1337-4:2004 EN 1337-6:2004 EN 1337-7:2004	Biozide Cadmium, -verbindungen Chrom PCB	
<b>M 105 Abgasanlagen</b>					
Rahmen (einschl. Schornsteine und Schächte)	vorgefertigte Schornsteine: storey height elements, Innenrohre: Elemente oder Formblöcke, Multi-wall chimneys: Elemente oder Formblöcke, Single wall chimney blocks	Ton/Keramik, Beton, Metall, Kunststoff, Stein	EN 12446:2003 EN 13502:2002 EN 1457:1999/A1:2002 EN 1856-1:2003 EN 1857:2003 EN 1858:2003 EN 1856-2:2004+F151	CMR-Stoffe Kat. I/II Schwermetalle	
	Bausätze für freistehende und angehängte Schornsteine				
	Abgasanlagenaufsätze				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 106 Gipsprodukte</b>					
Außen-, Innen- und Trennwände, Bekleidungen von Innen- und Trennwänden	Gipsplatten	Gips, Metall, Verbundstoffe, Putz, Gipskomponenten, Gips + Bewehrung (organische, mineralische oder metallische)	EN 12859:2001 EN 12860:2001	Benzol (Klebstoff, Komponenten) Biozide (Holz, Fungizide im Karton) Biopersistente Fasern (Dämmstoffe) Cadmium, -verbindungen (Kunststoff) CMR-Stoffe Kat. I/II Formaldehyd (Holz, Komponenten, Klebstoffe) Radioaktivität (Gips aus Phosphorsäureherstellung)	Blauer Engel, RAL-UZ 60 [179]: Recyclinggipsprodukte
	Gipsblöcke			Environmental Choice (Australien) [180]: Gypsum plasterboard	
	Zubehör für Gipsplatten			Environmental Choice (Kanada) [181]: Gypsum Wallboard	
	Gipsputz				
	Zubehör für Gipsputz				
Fußböden, Galerien und Decken, Unterdecken, Oberflächen von Decken	Gipsplatten	Metall, Gipsplatten, Gipsputz + organische Fasern + anorganische Fasern und Partikel, Holz, Kunststoff, Gipsplatte + Kunststoff + Folie + Dämmstoffe, Gips + Bewehrung (organische, mineralische oder metallische)	prEN 14195	Schwermetalle (Gips aus Phosphorsäureherstellung) VOC (Klebstoffe, Komponenten)	
	Gipsdeckenelemente				
	Zubehör für Gipsplatten und Gipsdeckenelemente				
	Gipsputz				
	Zubehör für Gipsputz				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 107 Geotextilien</b>				
Bodenbettungen, Fundamente und Stützmauern, Entsorgung fester Abfälle, Entwässerung und Ableitung sonst. Flüssigkeiten sowie gasförmiger Abfälle	Als Flüssigkeits- oder Gasbarrieren verwendete Erzeugnisse	Organische Fasern, Kunststoff-Metall, Kunststoffe/ Kautschuk, Bitumen, Metall, anorganische Fasern und Partikel, Verbundstoffe	EN 13249:2000 EN 13250:2000 EN 13251:2000 EN 13252:2000 EN 13253:2000	Biozide Cadmium und -verbindungen CMR-Stoffe Cat. I/II Weichmacher (Pthalate) Flammschutzmittel (bei Einsatz in Tunneln)
	Als Schutzlage verwendete Erzeugnisse		EN 13254:2000 EN 13255:2000 EN 13256:2000 EN 13257:2000 EN 13265:2000	
	Zur Verstärkung verwendete Erzeugnisse			
	Für Entwässerung und Filtration verwendete Erzeugnisse			
	Als Trennschicht verwendete Erzeugnisse			
<b>M 108 Vorhangfassaden</b>				
Aussenwände, Innenwände und Trennwände	Bausätze für Vorhangfassaden	Stein, Fertigbeton, glasfaserbewehrter Beton, glasfaser verstärkter Gips, Metall, Holz, Kunststoff, Glas, Dämmstoffe, organische Fasern, Glas (geschäumt), anorganische Fasern und Partikel, Kunststoff (geschäumt), Bitumen		Arsen (Holz), Benzol (Lack, Klebstoff, Farben), Biozide (Holz, Kunststoff), Benzo(a)pyren (Holz, Bitumen), Biounlösliche Fasern (Dämmstoffe), Cadmium, -verbindungen (Kunststoff, Farben, Überzüge), Chrom (Holz, Metall), CMR-Substanzen Cat. I/II, Formaldehyd (Holz), Kupfer (Metall), Pentachlorphenol (Holz), PCB/PCTPhenol (Holz), Quecksilber (Holz), Radioaktivität (Beton, Stein), Teeröle (Holz), VOC, Zink (Metall)
<b>M 110 Sanitäreinrichtungen</b>				
Sanitärausstattungsgegenstände	Sanitäreinrichtungen (ohne Armaturen und Abflußgarnituren)	Betonfertigteile, Keramik, Metall, Kunststoff/Gummi und Kunstharz, Glas	EN 13310:2003 EN 997:2003 prEN 12764	Cadmium, -verbindungen (Kunststoff) Formaldehyd (Kunstharz) Radioaktivität (Beton) VOC (Klebstoffe, Kunststoff)

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 112 Produkte aus Bauholz für tragende Zwecke</b>				
Bodenbettungen, Pfahlgründungen, Aussen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen	Produkte aus Konstruktionsvollholz für Brücken, Gleiskörper und Gebäude	Bauholz, Brettschichtholz		Arsen Benzol (Klebstoffe, Farben, Überzüge) Benzo(a)pyren Biozide Cadmium, -verbindungen (Farben) Chrom CMR-Substanzen Kat. I/II Flammschutzmittel Quecksilber Zinnorganische Verbindungen (in Wasserkonstruktionen) Pentachlorphenol Phenole Teeröle VOC (Leime)
	Masten für Oberleitungen	Holz		Arsen Benzol (Klebstoffe) Benzo(a)pyren Biozide Chrom CMR-Substanzen Kat. I/II Flammschutzmittel Quecksilber Pentachlorphenol Phenole Teeröle
	Produkte aus verleimten Schichtholz und andere verleimte Holzprodukte	Holzwerkstoffe Furnierstreifenholz OSB-Platten		Arsen, Benzol (Klebstoffe, Farben, Überzüge), Benzo(a)pyren, Biozide, Cadmium, -verbindungen (Überzüge, Farben), Chrom, CMR-Substanzen Kat. I/II, Flammschutzmittel, Quecksilber, Pentachlorphenol, Phenole, Teeröle, VOC (Leime)
	Holzverbindungsmittel	Stahl, Gußeisen, Holz		

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 113 Holzwerkstoffe</b>					
Aussen-, Innen- und Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Außen- und Innen türen und -fenster, Dachluken und Oberlichter, Unterdecken, Bekleidungen, Decken-, Boden- und Treppenoberflächen, Dachhäute	<b>Holzwerkstoffe - ohne Decklage, mit Decklage und furniert oder beschichtet - für tragende Zwecke für Innenanwendungen</b>	Vollholz, Holzspäne, Holzfurniere, Holzfasern imprägniertes Papier (Melamin-formaldehyd), Metall, organische Klebstoffe (Harz) anorganische Klebstoffe (Zement) Farben, Lacke	EN 13986:2002	Arsen Benzol (Klebstoffe, Farben, Überzüge) Benzo(a)pyren Biozide Cadmium, -verbindungen (Überzüge, Farben) Chrom CMR-Substanzen Kat. I/II Flammeschutzmittel Monomeres MDI (PUR) Quecksilber PCB (Gebrauchtholz) Pentachlorphenol (Gebrauchtholz) Phenole Schwermetalle (Gebrauchtholz) Teeröle VOC	<u>Blauer Engel, RAL-UZ 38 [182]:</u> Emissionsarme Produkte aus Holz- und Holzwerkstoffen <u>Österreichisches Umweltzeichen UZ 07 [183]:</u> Holzwerkstoffe <u>Nordic Ecolabelling [184]:</u> Panels for the building, decorating and furniture industry
	<b>Holzwerkstoffe - ohne Decklage, mit Decklage und furniert oder beschichtet - für tragende Zwecke für Außenanwendungen</b>				
	<b>Holzwerkstoffe - ohne Decklage, mit Decklage und furniert oder beschichtet - für nichttragende Zwecke für Innenanwendungen</b>				
	<b>Holzwerkstoffe - ohne Decklage, mit Decklage und furniert oder beschichtet - für nichttragende Zwecke für Außenanwendungen</b>				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 114 Zement, Baukalk und andere hydraulische Binder</b>				
Erzeugung von Beton, Mörtel, Einpressmörtel und anderen Mischungen	Gebräuchliche Zemente	Portlandzementklinker, granulierte Hochofenschlacke, natürliches Puzzolan, Flugasche, Schiefer Kalkstein, Silicastaub, Nebenbestandteile, Calciumsulfat, Zusatzmittel	EN 197-1:2000/A1:2004	Chromat Schwermetalle
	Spezialzemente		EN 14216:2004	Einsatz von Abfällen
	Putz- und Mauerbin-der	Portlandzementklinker, anorganische mineralische Stoffe, organische Stoffe	EN 413-1:2004	
	Calciumaluminat-Zement	Calciumaluminat-Klinker, Mahlhilfen		
	Baukalk	Gebrannter Kalkstein, Gebrannte Muscheln, Gebrannter Dolomitkalk, Hydraulischer Kalk, Puzzolanische oder hydraulische Stoffe, Zusatzmittel	EN 459-1:2001	
	Hydraulischer Tragschichtbinder für den Straßenbau	Portlandzement-klinker, granulierte Hochofenschlacke, natürliches Puzzolan, Flugasche, Schiefer Kalkstein, Kalk, Nebenbestandteile, Calciumsulfat, Zusatzmittel		
<b>M 115 Betonstahl und Spannstahl für Beton</b>				
Bodenbettungen, Fundamente und Stützmauern, Pfahlgründungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Boden- und Treppenoberflächen, Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten und gasförmiger Abfälle, Fernmeldemasten und -türme, Lagereinrichtungen	Produkte aus Betonstahl	unlegierter oder legierter Stahl, nichtrostender Stahl, feuerverzinkter Stahl, Stahl mit Epoxid-Beschichtung		Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge)
	Produkte aus Spannstahl	galvanisierter Stahl, unlegierter oder legierter Stahl		
	Spannkanäle und Hüllrohre	Kunststoff, Stahl		

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 116 Mauerwerk und verwandte Erzeugnisse</b>					
Fundamente, Stützmauern, -wände, Außen-, Innen-, Trennwände, Bekleidungen, Oberflächen von Decken, Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten und gasförmiger Abfälle	Mauersteine	Natürliche Steine, Betonzuschläge (dichte und leichte), Porenbeton, Kunststein, Calciumsilikat, Ton	EN 12859 EN 771-1:2003 EN 771-2:2003 EN 771-3:2003 EN 771-4:2003 EN 771-5:2003	Biounlösliche Fasern (Dämmstoffe), Formaldehyd, Schwermetalle, VOC Radioaktivität	Österreichisches Umweltzeichen, UZ 39 [185]: Mauersteine, hydraulisch gebunden
	Stürze				
	Werkmauermörtel	Mörtel	EN 998-1:2003 EN 998-2:2003		
	Werkvorwerf- und Putzmörtel				
	Untergeordnete Bauteile	Metall, Kunststoff	EN 845-1:2003EN 845-2:2003EN 845-3:2003	Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge)	
	Bewehrung von Lagerfugen				
<b>M 118 Produkte für die Abwasserentsorgung und -behandlung</b>					
Entwässerung und Ableitung sonst. Flüssigkeiten und gasförmigen Abfällen, Sanitär- und Reinigungs-einrichtungen	Produkte für die Abwasser-entsorgung und -behandlung innerhalb von Gebäuden	Betonfertigteile, Faserzement, Metall (Stahl, Gußeisen), Aluminium, Kupfer, Zink, Glas, Kunststoff, Glasfaser, Steinzeug, Kunstharz, Verbundwerkstoffe, Kautschuk	EN 12050-1:2000 EN 12050-2:2000 EN 12050-3:2000 EN 12050-4:2000 EN 13164:2001/A1:2004	Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Metall) CMR-Stoffe Kat. I/II Schwermetalle Radioaktivität (Beton)	Österreichisches Umweltzeichen, UZ 41 [186]: Kanalrohre aus Kunststoff
	Produkte für die Abwasser-entsorgung und -behandlung außerhalb von Gebäuden				

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 119 Bodenbeläge</b>					
Bodenbettungen, vorgefertigte Fußbodensysteme, Galerien, Treppen, Rampen, Doppelböden, Brüstungen und Geländer, einschl. Außenbauwerke, Boden- und Treppenoberflächen	Starre Bodenbeläge für den Außengebrauch und Straßenoberflächen	Stein, Beton, Ton, Glas, Keramik, faserbewehrter Beton, Kunststein, Metall, Holzwerkstoffe, Kunststoff, Gummi, organische Fasern, Asphaltbeton, Naturasphalt, Kork, Kunststoffe, anorganische Fasern und Partikel, Linoleum	EN 13748-2:2004	Arsen (Holz) Benzol (Klebstoffe, Überzüge, Kunstharsz) Benzo(a)pyren (Holz) CMR-Substanzen Kat. I/II Chrom (Holz) Quecksilber (Holz) Phenole Schwermetalle	
	Starre Bodenbeläge für den Innengebrauch einschl. umschlossene Einrichtungen des öffentlichen Verkehrs		EN 13748-1:2004 EN 14411:2003	Benzol (Klebstoffe) Benzo(a)pyren (Asphalt) Biozide Cadmium, -verbindungen Chlorparaffine CMR-Stoffe Kat. I/II Formaldehyd (Holzwerkstoffe) Halogenorganische Verb. Pentachlorphenol Phenol (Holzwerkstoffe) Radioaktivität (Naturstein, Keramische Fliesen) VOC/SVOC Phthalate (Weichmacher PVC) Zinnorganische Verbindungen Flammschutzmittel Schwermetalle Einsatz von Abfällen	<u>Natureplus, RL 0209 [186b]:</u> <u>Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen</u> <u>Nordic Ecolabelling [187a]:</u> <u>Starre, textile u. elastische Bodenbeläge</u> <u>EU-Blume [188]:</u> Starre Bodenbeläge <u>Greenguard (USA) [189]:</u> Hard surface flooring

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 119 Bodenbeläge</b>					
Bodenbettungen, vorgefertigte Fußbodensysteme, Galerien, Treppen, Rampen, Doppelböden, Brüstungen und Geländer, einschl. Außenbauwerke, Boden- und Treppenoberflächen	Elastische und textile Bodenbeläge für den Innengebrauch	Stein, Beton, Ton, Glas, Keramik, faserbewehrter Beton, Kunststein, Metall, Holzwerkstoffe, Kunststoff, Gummi, organische Fasern, Asphaltbeton, Naturasphalt, Kork, Kunststoffe, anorganische Fasern und Partikel, Linoleum	EN 14041:2004	Benzol (Klebstoffe) Benzo(a)pyren (Asphalt) Biozide Cadmium, -verbindungen Chlorparaffine CMR-Stoffe Kat. I/II Formaldehyd (Holzwerkstoffe) Halogenorganische Verb. Pentachlorphenol Phenol (Holzwerkstoffe) Radioaktivität (Naturstein, Keramische Fliesen) VOC/SVOC Phthalate (Weichmacher PVC) Zinnorganische Verbindungen Flammschutzmittel Schwermetalle Einsatz von Abfällen	Natureplus, RL 1400 [190a]; Textile Bodenbeläge Natureplus, RL 1201 [190b]; Linoleum-Bodenbeläge Ökotex-Standard 100 [191]; Textile Bodenbeläge Kork-Logo [132]; Kork-Bodenbeläge Österreichisches Umweltzeichen [169, 192]; Textile u. elastische Bodenbeläge Nordic Ecolabelling [187b]; Textiles Environmental Choice (Australien) [193]; Wollteppiche Environmental Choice (Kanada) [194]; Textile Bodenbeläge
	Elastische und textile Bodenbeläge für den Außengebrauch			Benzol Biozide CMR-Stoffe Kat. I/II Schwermetalle	
	Estrichmaterial	Zement, Calciumsulfat, Kaustische Magnesia, Magnesiumchlorid, Bitumen, Bitumenemulsion, Kunstharz, Zuschläge, Zusatzmittel, Zusatzstoffe	EN 13813:2002 EN 14016-1:2004	Benzo(a)pyren Formaldehyd Schwermetalle VOC	

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 120 Metallbauprodukte und Zubehörteile</b>					
Fundamente, Stützmauern, -wände, Pfahlgründungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Boden- und Treppenoberflächen, Stromversorgung, Beleuchtung, Fernmeldemasten, -türme, Lagereinrichtungen	Metallquerschnitte	Stahl, Aluminiumlegierungen, Stahl mit Metallüberzug (Zn, Al, Zn und Al), Stahl mit organischer Beschichtung, Nichtrostender Stahl, Stahllegierungen, Stahlguß, Gußeisen		Cadmium, -verbindungen (Überzüge) Benzol (Überzüge) Chrom (Metall)	
	Konstruktionsteile im Metallbau				
	Schweißmaterial	Aluminiumlegierungen, Stahllegierungen, Nichtrostender Stahl, Stahl			
	Metallbau-Verbindungsteile	Aluminiumlegierungen, Stahl mit Metallüberzug, beschichteter Stahl, nichtrostender Stahl, Stahl	EN 485-2:2004		

Verwendungs- zweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 121 Innen- und Außenwand- und Deckenbekleidungen</b>					
Außen-, Innen-, Trennwände, ab- gehängte Decken, Bekleidungen von Außen-, Innen, Trennwänden, De- ckenbekleidungen	<b>Innenbekleidungen:</b>				
	Wandbekleidungen in Rollenform, De- ckenbekleidungen	Organische Faser, Papier, an- organische Fasern, Gummi, Kunststoff, Verbundstoffe, Kork	EN13830: 2003	Arsen (Holz) Benzol (Klebstoffe) Benzo(a)pyren (Holz) Biozide Biounlösliche Fasern Bleicarbonat, -sulfat (Farben) Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Holz) CMR-Stoffe Kat. I/II Decabromdiphenylether Formaldehyd PCB/PCT Pentachlorphenol (Holz, Papier, organische Fasern) Phthalate (Weichmacher, PVC-Tapeten) Quecksilber (Holz) Radioaktivität (Beton, Keramik) Schwermetalle (Tapeten) Teeröle (Holz) VOC	<u>Blauer Engel, RAL-UZ 35a</u> [195]: Tapeten und Rauhfaser, über- wiegend aus Papierrecycling  <u>Blauer Engel, RAL-UZ 35b</u> [196]: Tapeten mit anderem Werk- stoff  <u>RAL-GZ 479</u> [197]: Tapeten (außer Glasfasern)  <u>Nordic Ecolabelling</u> [198]: Wall coverings  <u>Greenguard (USA)</u> [199]: Wallcoverings and Ceiling sys- tems
	Wand- und Decken- fliesen	Naturstein, Betonstein, Beton, Ton, Keramik, Metall, Bauholz, Kunststoffe (einschl. Schaum- stoff), Bitumen, oberflächenbe- handelte Mineralwolle, Holzwolle, organische Fasern, anorga- nische Fasern faserverstärktes Calciumsilikat, Faserzement, Schiefer		Zinnorganische Verbindungen (PVC-Tapeten)	<u>Greenguard (USA)</u> [199]: Wallcoverings and Ceiling sys- tems

Verwendungs-zweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 121 Innen- und Außenwand- und Deckenbekleidungen</b>				
Außen-, Innen-, Trennwände, abgehängte Decken, Bekleidungen von Außen-, Innen-, Trennwänden, Deckenbekleidungen	<b>Innenbekleidungen:</b>			
	Wandplatten und Deckentafeln	Metall, Stahlbeton, Faserzement, Bauholz, Kunststoff, Kork, anorganisch gebundene Platten, Verbundstoffe		Arsen (Holz) Benzol (Klebstoffe) Benzo(a)pyren (Holz) Biozide Biounlösliche Fasern Bleicarbonat, -sulfat (Farben) Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Holz) CMR-Stoffe Kat. I/II
	Wand- Außenbekleidungen	Bauholz, Metall, Kunststoff, Verbundstoffe, Faserzement, holzhaltige Materialien		Decabromdiphenylether Formaldehyd PCB/PCT Pentachlorphenol (Holz, Papier, organische Fasern) Phthalate (Weichmacher, PVC-Tapeten) Quecksilber (Holz) Radioaktivität (Beton, Keramik) Schwermetalle (Tapeten) Teeröle (Holz) VOC Zinnorganische Verbindungen (PVC-Tapeten)
	Abgehängte Decken (Bausätze)	s.o.	EN 13964:2004	
Zubehör für Innenwand- und Deckenbekleidungen	Metall, Bauholz, Kunststoff			

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 121 Innen- und Außenwand- und Deckenbekleidungen</b>				
Außen-, Innen-, Trennwände, abgehängte Decken, Bekleidungen von Außen-, Innen-, Trennwänden, Deckenbekleidungen	<b>Außenbekleidungen:</b>			
	Wand- und Deckenfliesen, Wand- Außenbekleidungsplatten, Wandschindeln, Wand- Außenbekleidungen	Organische Faser, Papier, anorganische Fasern, Gummi, Kunststoff, Verbundstoffe, Kork, Naturstein, Betonstein, Beton, Ton, Keramik, Metall, Bauholz, Kunststoffe (einschl. Schaumstoff), Bitumen, oberflächenbehandelte Mineralwolle, Holzwolle, organische Fasern, anorganische Fasern faserverstärktes Calciumsilikat, Faserzement, Schiefer		Verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Holz) CMR-Stoffe Kat. I/II Decabromdiphenylether PCB/PCT Pentachlorphenol (Holz, Papier, organische Fasern) Phenole (Holz) Quecksilber (Holz) Radioaktivität (Beton, Keramik) Teeröle (Holz)
	Wandplatten und Deckentäfeln			
	Abgehängte Decken (Bausätze)			
	Zubehör für Außenwand- und Deckenbekleidungen	Metall, Bauholz, Kunststoff		Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Metall)

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 122 Bedachungen, Oberlichter, Dachfenster und Zubehörteile</b>				
Dächer, Außen- und Innen türen und Fenster, Dachluken und Oberlichter, Dachhäute	Bedachungen: Glatte und profilierte Metallbleche, Dachziegel, Dachschiefer, Dachsteine, Dachschindeln, werkgeleimte Verbund- oder Sandwichplatten (mit/ohne Dämmung)	Kunststoffe (z.B. GFK, PVC, PC, PMMA), Metall, Holz, Beton, Faserzement, Glas, bituminöse Verbundstoffe, organische Fasern, anorganische Fasern, Stein (Natur-, Kunststein), Schiefer, Beton, Faserzement, Ton	EN 12326-1:2004	Arsen (Holz) Benzo(a)pyren (Holz) Biozide (z.B. Herbizide) Biounlösliche Fasern Blei (Bleidach, Bleistabilisatoren bei PVC-Bahnen) Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Holz) Kupfer (Kupferblech) Quecksilber (Holz) Phenole (Holz) Phthalate (Weichmacher, PVC-Bahnen) Zink (verzinktes Blech)
	Bedachungen: Bitumendachbahnen	Bitumen		Benzo(a)pyren (Verschnittbitumen)
	Bedachungen: Pflastermaterial für Dächer	Stein (Natur-, Kunststein), Schiefer, Beton, Faserzement, Ton, Metall, Glas, Holz, Kunststoffe, Bitumen/Verbundstoffe		Arsen (Holz) Asbest (Faserzement) Benzo(a)pyren (Holz) Biozide Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) Chrom (Holz) Quecksilber (Holz) Phenole (Holz) Weichmacher (Phthalate, PVC-Fenster)

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe
<b>M 122 Bedachungen, Oberlichter, Dachfenster und Zubehörteile</b>				
Dächer, Außen- und Innen türen und Fenster, Dachluken und Oberlichter, Dachhäute	Oberlichter und Dachfenster	Metall, Holz, Kunststoffe, Gummi, Glas, Beton, Ton, Befestigung, Verbindung		Arsen (Holz) Benzol (Klebstoffe) Biozide Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge) CMR-Stoffe Kat. I/II Chrom (Holz, Metall) Formaldehyd PCB/PCT Pentachlorphenol (Holz) Quecksilber (Holz) VOC
	Zubehörteile		prEN 12951	

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 125 Zuschlagstoffe</b>					
Bodenbettungen, Fundamente, Stützmauern, -wände, Pfahlgründungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Entsorgung fester Abfälle, Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten und gasförmiger Abfälle, Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuumsysteme, Stromversorgung, Fernmeldemasten, -türme, Lagereinrichtungen	Zuschläge für Beton, Mörtel und Einpreßmörtel	<p><u>Unbehandelt:</u> Stein (rund, gebrochen, zerrieben), Sand, Kies, Lava und Tuff</p> <p><u>Künstlich hergestellte Produkte oder Nebenprodukte industrieller Prozesse:</u> z.B. Aschen, Tonarten, Schläcken, Vermiculite, Perlit, Aufheller, Rückstände aus Verbrennungsanlagen</p> <p><u>Rezykliert:</u> z.B. Beton, Mauerwerk, Asphalt</p>	EN 12620:2002 EN 13055-1:2002 EN 13139:2002	<p><u>Unbehandelt:</u> Radioaktivität, Schwermetalle</p> <p><u>Künstlich hergestellte Produkte, Nebenprodukte industrieller Prozesse oder rezyklierte Zuschläge:</u> CMR-Stoffe Kat. I/II Cyanide Fluoride Naphthalin Phenole Polyaromatische Kohlenwasserstoffe Schwermetalle VOC/SVOC Einsatz von Abfällen</p>	Gütegemeinschaft Metallhüttenschlacken [200]: Metallhüttenschlacken Gütegemeinschaft Eisenhüttenschlacken [201]: Eisenhüttenschlacken
	Zuschläge für bituminöses Mischgut und Oberflächenbehandlungen		EN 13043:2002 EN 13055-2:2004	<p><u>Unbehandelt:</u> Radioaktivität, Schwermetalle</p> <p><u>Künstlich hergestellte Produkte, Nebenprodukte industrieller Prozesse oder rezyklierte Zuschläge:</u> CMR-Stoffe Kat. I/II Cyanide Fluoride Naphthalin Phenole Polyaromatische Kohlenwasserstoffe Schwermetalle VOC/SVOC Einsatz von Abfällen</p>	

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 125 Zuschlagstoffe</b>					
Bodenbettungen, Fundamente, Stützmauern, -wände, Pfahlgründungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Entsorgung fester Abfälle, Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten und gasförmiger Abfälle, Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuumsysteme, Stromversorgung, Fernmeldemasten, -türme, Lagereinrichtungen	Zuschläge für ungebundene und hydraulisch gebundene Baustoffgemische	<p><b>Unbehandelt:</b> Stein (rund, gebrochen, zerrieben), Sand, Kies, Lava und Tuff</p> <p><b>Künstlich hergestellte Produkte oder Nebenprodukte industrieller Prozesse:</b> z.B. Aschen, Tonarten, Schläcken, Vermiculite, Perlit, Aufheller, Rückstände aus Verbrennungsanlagen</p> <p><b>Rezykliert:</b> z.B. Beton, Mauerwerk, Asphalt</p>	EN 13242:2002	<p><b>Unbehandelt:</b> Radioaktivität Schwermetalle</p> <p><b>Künstlich hergestellte Produkte, Nebenprodukte industrieller Prozesse oder rezyklierte Zuschläge:</b> CMR-Stoffe Kat. I/II Cyanide Fluoride Naphthalin Phenole Polyaromatische Kohlenwasserstoffe Radioaktivität Schwermetalle VOC/SVOC Einsatz von Abfällen</p>	<p><b>Gütegemeinschaft Metallhüttenschlacken [200]:</b> Metallhüttenschlacken</p> <p><b>Gütegemeinschaft Eisenhüttenschlacken [201]:</b> Eisenhüttenschlacken</p>
	Wasserbausteine		EN 13383-1:2002		<p><b>Gütegemeinschaft Metallhüttenschlacken [200]:</b> Metallhüttenschlacken</p> <p><b>Gütegemeinschaft Eisenhüttenschlacken [201]:</b> Eisenhüttenschlacken</p>
	Gleis-Bettungsstoffe		EN 13450:2002		

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 125 Zuschlagstoffe</b>					
Bodenbettungen, Fundamente, Stützmauern, -wände, Pfahlgründungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Entsorgung fester Abfälle, Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten und gasförmiger Abfälle, Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuumsysteme, Stromversorgung, Fernmeldemasten, -türme, Lagereinrichtungen	Füller für bituminöses Mischgut und Oberflächenbehandlungen  Füller für Beton, Mörtel und Einpreßmörtel	<p><u>Unbehandelt:</u> Stein (rund, gebrochen, zerrieben), Sand, Kies, Lava und Tuff</p> <p><u>Künstlich hergestellte Produkte oder Nebenprodukte industrieller Prozesse:</u> z.B. Aschen, Tonarten, Schlacken, Vermiculite, Perlit, Aufheller, Rückstände aus Verbrennungsanlagen</p> <p><u>Rezykliert:</u> z.B. Beton, Mauerwerk, Asphalt</p>		<p><u>Künstlich hergestellte Produkte, Nebenprodukte industrieller Prozesse oder rezyklierte Zuschläge:</u> CMR-Stoffe Kat. I/II Cyanide Fluoride Naphthalin Phenole Polyaromatische Kohlenwasserstoffe Schwermetalle VOC/SVOC</p>	
<b>M 127 Bauklebstoffe</b>					
Bodenbettungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Außen- und Innentüren und -fenster, Dachluken und Oberlichter, Bekleidungen von Außenwänden, Bekleidungen von Innen- und Trennwänden, Boden- und Treppenoberflächen, Oberflächen von Decken, Dachhäute	Konstruktionsklebstoffe  Klebstoffe für Platten	<p>Organische und anorganische Klebstoffe, z.B. Epoxidharze, Polyrethanharze, Acrylharze, Aminoplastharze, Phenolharze</p> <p>Organische und anorganische Klebstoffe, z.B. hydraulische Bindemittel, mineralische Bindemittel, Dispersionspolymere, Reaktionsharze</p>	EN 12004: 2001/A1:2002  EN 12860	Biozide CMR-Stoffe Kat. I/II Ethylenglycol (Fliesenkleber) Formaldehyd Phenol VOC/SVOC	<u>GEV Emicode [202]:</u> Klebstoffe <u>Environmental Choice (Australien) [203]:</u> Adhesives <u>Environmental Choice (Kanada) [204]:</u> Adhesives <u>Green Seal GS-36 (USA) [205]:</u> Commercial Adhesives

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 128 Erzeugnisse für Beton, Mörtel, Einpreßmörtel</b>					
Bodenbettungen, Fundamente, Stützmauern, -wände, Pfahlgründungen, Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien, Decken, Dächer, Rahmen, Entsorgung fester Abfälle, Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten und gasförmiger Abfälle, Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuumsysteme, Stromversorgung, Fernmeldemasten, -türme, Lagereinrichtungen	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpreßmörtel	Chemikalien		CMR-Stoffe Kat. I/II Formaldehyd VOC/SVOC	FSHBZ-Gütesiegel (Schweiz) [206]: Beton- und Mörtelzusatzmittel
	Zusatzstoffe für Beton, Mörtel und Einpreßmörtel	Gesteinsteile, Silicastaub, Flugasche, gemahlene/granulierte/gesinterte/pelletisierte Hochofenschlacke, natürliche Puzzolanerde (z.B. Traß), künstlich gewonnene Puzzolannerde (z.B. Metakaolin), Chemikalien/Puder	EN 934-2:2001 EN 934-3:2003 EN 934-4	CMR-Stoffe Kat. I/II Cyanide Schwermetalle Radioaktivität	
	Fasern für Beton, Mörtel und Einpreßmörtel	Anorganische/organische Fasern: z.B. Kunststoffe, Glas, Stahl, Kohlenstoff, Zellstoff, Ersatzfasern für Asbest		Biounlösliche Fasern	
	Oberflächenschutzsysteme für Betonbauteile und Betonersatzsysteme	Chemikalien, Zement, Zuschläge, Zusatzmittel, Zusatzstoffe, Harze, Polymere	EN 1504-4:2004	CMR-Stoffe Kat. I/II Formaldehyd Schwermetalle VOC/SVOC	
<b>M 129 Raumerwärmungsanlagen</b>					
Warmwasserbereiter, Heiß- und Kaltwasserversorgung, Raumheizung, Kühlung und Klimatisierung	Raumerwärmungsanlagen ohne eigene Energiequelle	Metalle z.B. Stahl, Aluminium, Kupfer, Gußeisen), Kunststoffe		Asbest Keramikfasern Biounlösliche Fasern Radioaktivität	
	Raumerwärmungsanlagen, die feste und flüssige Brennstoffe verbrennen	z.B. Metalle, Glas, Naturstein, Keramik, Wärmedämmung, Mörtel, Ziegelsteine, Vermiculit, Mauerwerk, Kunststoffe, Holz			

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)
<b>M 131 Rohre, Behälter und Zubehörteile, die nicht mit Trinkwasser in Berührung kommen</b>					
Entwässerung und Ableitung sonstiger Flüssigkeiten sowie gasförmiger Abfälle, Versorgung mit Brennstoff, Erdöl und anderen Flüssigkeiten, Gasversorgungseinrichtungen, Druck- und Vakuumsysteme, Fernmel demasten und -türme, Feuererkennungs- und -alarmsysteme, Sanitär- und Reinigungseinrichtungen, Lagereinrichtungen	Bausätze für Leitungssysteme	<u>Zementartige Baustoffe</u> : z.B. Stahlbeton/Faserbeton, unbewehrter Beton/Spannbeton, Epoxid, Faserzement		Benzol Cadmium, -verbindungen (Kunststoffe, Überzüge)	
	Rohre	<u>Metallische Baustoffe</u> : z.B. Stahl, Aluminium, Kupfer, Legeirungen, Gußeisen/ Späroguß/ Grauguß/ verformbares Gußeisen	EN 588-2:2001	Formaldehyd Schwermetalle (zementartige Baustoffe) PCB	<u>Österreichisches Umweltzeichen, UZ 41 [186a]: Kanalrohre aus Kunststoff</u>
	Behälter, Leckanzeigesysteme und Überfüllsicherungen	<u>Organische Baustoffe</u> : z.B. Kunststoffe, Polymere, Elastoplaste, PVC, PE <u>Glasartige Baustoffe</u> : z.B. Glas, Steinzeug <u>Verbundstoffe</u> : z.B. glasfaserverstärkter Polyester, kohlenstofffaser-verstärkte Epoxidharze		Radioaktivität (zementartige Baustoffe) VOC	
	Schutzrohre				
	Formstücke, Klebstoffe, Verbindungen, Dichtungen und Dichtungsprofile	Metalle, Kautschuk, Kunststoffe, Chemische Verbindungen	EN 681-1:1996/A2:2002 EN 681-2:2000/A1:2002 EN 681-3:2000/A1:2002 EN 681-4:2000/A1:2002 EN 682:2002		
	Rohrhalterungen	Kunststoffe, Metalle, Fertigbeton			
	Ventile und Hähne	Metalle, Kautschuk, Kunststoffe, Verbundstoffe, Gußeisen			
	Sicherheitszubehör für Bausätze für Gasleitungssysteme	Stahl, Gußstahl, Aluminiumlegierungen, Kunststoffe			

Verwendungszweck	Familie und/oder Unterfamilie	Eingesetzte Materialien	hEN 1)	Potentiell freisetzbare gefährliche Stoffe	Freiwillige Regelungen 2)	
<b>M 135 Flachglas, Profilglas, Glassteinerzeugnisse</b>						
Außen-, Innen-, Trennwände, Fußböden, Galerien und Decken, Rahmen, Außen- und Innen türen, Fenster, Dachluken und Oberlichter, abgehängte Decken, Bekleidungen von Außen-, Innen- und Trennwänden, Deckenbekleidungen, Dachdeckungen, Lastenaufzüge, Hebebühnen, Fahr treppen, Fahr steige	Glasfüllungen aus Flachglas und gebogenem Glas	Glas (kann organische Stoffe, Metalle, Silikate und Silikon enthalten)	prEN 1096-4 prEN 12150-2 prEN 12337-2 prEN 13024-2 prEN 14178-2 prEN 1748-1-2 prEN 1748-2-2 prEN 1863-2 prEN 572-9	Schwermetalle		
	Profilbauglas	Glas				
	Mehrscheibenisolierglas					
	Glassteine	Glas (kann Metalle enthalten)				
Wandplatten aus Glassteinen						

1) harmonisierte europäische Normen (hEN), die bereits im Europäischen Amtsblatt veröffentlicht wurden oder sich im Formal Vote befinden.

(Veröffentlichung auf [www.cenorm.be/sectors/construction.htm](http://www.cenorm.be/sectors/construction.htm)), Stand: Juni 2004

2) Stand: 07/2003: Die Liste der freiwilligen Regelungen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

**Anhang A5: Geringfügigkeitsschwellen des DIBt-Merkblatts Boden/Grundwasser [20]**

		Einheit	Geringfügigkeitsschwelle
Anorganische Parameter	Antimon (Sb)	µg/l	10
	Arsen (As)	µg/l	10
	Blei (Pb)	µg/l	25
	Cadmium (Cd)	µg/l	5
	Chrom, gesamt (Cr)	µg/l	50
	Chromat (Cr)	µg/l	8
	Kobalt (Co)	µg/l	50
	Kupfer (Cu)	µg/l	50
	Molybdän (Mo)	µg/l	50
	Nickel (Ni)	µg/l	50
	Quecksilber (Hg)	µg/l	1
	Selen (Se)	µg/l	10
	Zink (Zn)	µg/l	500
	Zinn (Sn)	µg/l	40
Organische Parameter	Cyanid, gesamt (CN-)	µg/l	50
	Cyanid, leicht freisetzbar (CN-)	µg/l	10
	Fluorid (F-)	µg/l	750
	PAK, gesamt 1) – Naphthalin	µg/l	0,2 2
	LHKW, gesamt 2)	µg/l	10
	Aldrin	µg/l	0,1
	DDT	µg/l	0,1
	PCB, gesamt 3)	µg/l	0,05
Mineralölkohlenwasserstoffe 4)		µg/l	200
BTEX 5) - Benzol als Einzelstoff		µg/l	20 1
Phenole		µg/l	20

- 1) PAK, gesamt: Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ohne Naphthalin und Methylnaphthalin, Bestimmung über die Summe von 15 Einzelsubstanzen gemäß Liste der US EPA ohne Naphthalin; ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter PAK
- 2) LHKW, gesamt: Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, d.h. Summe der halogenierten C<sub>1</sub>- und C<sub>2</sub>-Kohlenwasserstoffe
- 3) PCB, gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; Bestimmung über die 6 Kongenere nach Ballschmiter gem. AltöLV (DIN 51527) multipliziert mit 5; ggf. z.B. bei bekanntem Stoffspektrum einfache Summenbildung aller relevanten Einzelstoffe (DIN 38407-3-2 bzw. -3-3)
- 4) n-Alkane (C10...C39), Isoalkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe
- 5) BTEX-Aromaten, gesamt: Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)

Anhang A6: Zuordnungswerte Z 2 der LAGA-Mitteilung "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" [27]

Parameter	Einheit	Boden		Bauschutt	HMV-Schlacken	Gießerei-sande	Schlacken aus Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	Grob-/Kesselasche aus Steinkohlekraftwerken (6)	Flugasche aus Steinkohlekraftwerken (7)
<b>Feststoff</b>		Z 0	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2
pH-Wert (1)		5,5 – 8	-						
EOX	mg/kg	1	15	10		3			
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	100	1.000	1.000 (3)					
MKW (H 18)						150			
Summe BTEX	mg/kg	< 1	5						
Summe LHKW	mg/kg	< 1	5						
PAK (EPA)	mg/kg	1	20	75 (100) (4)		20			
PCB (Congenere nach DIN 51527)	mg/kg	0,02	1	1					
Arsen	mg/kg	20	150						
Blei	mg/kg	100	1.000			100 (5)			
Cadmium	mg/kg	0,6	10			5 (5)			
Chrom (ges.)	mg/kg	50	600			600 (5)			
Kupfer	mg/kg	40	600			300 (5)			
Nickel	mg/kg	40	600			300 (5)			
Quecksilber	mg/kg	0,3	10						
Thallium	mg/kg	0,5	10						
Zink	mg/kg	120	1500			500 (5)			
Cyanide (ges.)	mg/kg	1	100						
<b>Eluat</b>									
pH-Wert 1)		6,5 – 9	5,5 – 12	7,0 – 12,5	7 – 13	5,5 – 12	5 – 12	10 – 12	8 – 13

Parameter	Einheit	Boden		Bauschutt	HMV-Schlacken	Gießerei-sande	Schlacken aus Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	Grob-/Kesselasche aus Steinkohlekraftwerken (6)	Flugasche aus Steinkohlekraftwerken (7)
el. Leitfähigkeit	µS/cm	500	1.500	3.000	6.000	1.000	1.000	1.000	5.000
Chlorid	mg/l	10	30	150	250			50	50
Sulfat	mg/l	50	150	600	600			200	1.000
Fluorid	µg/l					1.000			
Cyanid (ges.)	µg/l	< 10	100 (2)						
Cyanid (leicht freisetzbar)	µg/l				0,02				
Phenolindex	µg/l	< 10	100	100		100			
DOC	µg/l					20.000			
Ammonium-Stickstoff	µg/l					1.000			
Arsen	µg/l	10	60	50		60		100	100
Blei	µg/l	20	200	100	50	200			
Cadmium	µg/l	2	10	5	5	10			10
Chrom (ges.)	µg/l	15	150	100	200	150	20		350
Kupfer	µg/l	50	300	200	300	300			
Nickel	µg/l	40	200	100	40	150	20		
Quecksilber	µg/l	0,2	2	2	1			2	
Thallium	µg/l	< 1	5						
Zink	µg/l	100	600	400	300	600			

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

(2) Verwertung für  $Z_2 > 100 \mu\text{g/l}$  ist zulässig, wenn  $Z_2 \text{ Cyanid (leicht freisetzbar)} < 50 \mu\text{g/l}$

(3) Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlusskriterium dar

(4) Im Einzelfall kann bis zu dem in Klammern genannten Wert abgewichen werden.

(5) Kein alleiniges Ausschlusskriterium. Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen.

(6) Bei Rostaschen sind die  $Z_2$ -Zuordnungswerte geringer. Für Schmelzkammergranulat existieren keine Zuordnungswerte.

(7) Werte gelten für Flugasche aus der Trockenfeuerung. Flugaschen aus der Wirbelschicht- und Schmelzfeuerung unterscheiden sich nicht wesentlich.

**Anhang A7: Gehalts- und Immissionswerte für Baustoffe der Kategorie 1 (Anhang 2 des Niederländischen Baustoffbeschlusses) [25]**

Building materials decree, appendix 2

page: 1

**APPENDIX 2**

**BELONGING TO SECTIONS 1, SUB-SECTIONS 1, J, K AND L, 7, 9 AND 22 OF THE BUILDING MATERIALS (SOIL AND SURFACE WATERS PROTECTION) DECREE**

**Composition and immission standards for building materials, not being clean earth**

Substance	CAS number	Immission standards (mg/m <sup>2</sup> per 100 years)	Composition values for other building materials than earth (mg/kg dry matter)	Composition values for earth assuming 25% clay (grain size < 2 mm) and 10% humus* (mg/kg dry matter)
<b>INORGANIC COMPOUNDS</b>				
<b>1. Metals</b>				
antimony (Sb)	[7440-39-0]	39	-	-
arsenic (As)	[7440-38-2]	435	-	55
barium (Ba)	[7440-39-3]	6300	-	625
cadmium (Cd)	[7440-43-9]	12	-	12
chromium (Cr)	[7440-47-3]	1500	-	380
cobalt (Co)	[7440-48-2]	300	-	240
copper (Cu)	[7440-50-8]	540	-	190
mercury (Hg)	[7439-97-6]	4.5	-	10
lead (Pb)	[7439-92-1]	1275	-	530
molybdenum (Mo)	[7439-98-7]	150	-	200
nickel (Ni)	[7440-02-0]	525	-	210
selenium (Se)	[7782-49-2]	15	-	-
tin (Sn)	[7440-31-5]	300	-	-
vanadium (V)	[7440-62-2]	2400	-	-
zinc (Zn)	[7440-66-5]	2100	-	720
<b>2. Other inorganic compounds</b>				
bromide	not applicable	300 <sup>1</sup>	-	-
chloride	not applicable	30000 <sup>2</sup>	-	-
cyanide (free) <sup>3</sup>	not applicable	15	-	20
cyanide (complex) (pH < 5) <sup>3</sup>	not applicable	75	-	50
cyanide (complex) (pH<5) <sup>3</sup>	not applicable	75	-	650
fluoride	not applicable	14000 <sup>4</sup>	-	-
thiocyanates (sum)	not applicable	-	-	20
sulphate	not applicable	45000 <sup>5</sup>	-	-
<b>ORGANIC COMPOUNDS</b>				
<b>3. Aromatic compounds</b>				
benzene	[71-43-2]	-	1.25	1
ethylbenzene	[100-41-4]	-	1.25	1.25
toluene	[108-88-3]	-	1.25	1.25
xylenes (sum) <sup>6</sup>	[95-47-6] [108-38-3] [106-42-3]	-	1.25	1.25

## Building materials decree, appendix 2

page: 2

styrene (Vinylbenzene)	[100-42-5]	-	-	1.25	100
phenol	[108-95-2]	-	-		1.25
cresols (sum) <sup>7</sup>	[108-39-4], [95-48-7], [106-44-5]	-	-		5
o-dihydroxybenzene (Catechol)	[120-80-9]	-	-		20
m-dihydroxybenzene (Resorcinol)	[108-46-3]	-	-		10
p-dihydroxybenzene (Hydrochinon)	[123-31-9]	-	-		10

4. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) <sup>8</sup>					
naphthalene	[91-20-3]	-	5		5
phenanthrene	[65-01-8]	-	20		20
anthracene	[120-12-7]	-	10		10
fluoranthene	[206-44-0]	-	35		35
chrysene	[56-55-3]	-	10		10
benzo(a)anthracene	[218-01-9]	-	50		40
benzo(a)pyrene	[207-08-9]	-	10		10
benzo(k)fluoranthene	[50-32-8]	-	50		40
indeno (1,2,3cd) pyrene	[191-42-2]	-	50		40
benzo(ghi)perylene	[193-39-5]	-	50		40
PAHs sum (sum of 10) <sup>9</sup>	[31-20-3], [85-01-8], [120-12-7], [206-44-0], [56-55-3], [218-01-9], [207-08-9], [50-32-8], [191-42-2], [193-39-5]	-	75		40

5. Chlorinated hydrocarbons					
a. (volatile) chlorohydrocarbons					
monochloro ethene (Vinylchloride)	[75-01-4]	-	-		0.1
dichloromethane	[75-09-2]	-	-		4
1,2-dichloro ethane	[107-06-2]	-	-		4
trichloromethane	[67-66-3]	-	-		3
trichloro ethene (Tri)	[79-01-6]	-	-		4
tetrachloromethane (Tetra)	[56-23-5]	-	-		1
tetrachloro ethene (Per)	[127-18-4]	-	-		4
chloronaphthalene (sum á, á)	[90-13-1], [91-58-7]	-	-		10

b. chlorobenzenes					
chlorobenzenes (sum) <sup>10</sup>					
	[108-90-7], [95-50-1], [541-73-1], [105-46-7], [87-61-6], [120-82-1], [108-70-3], [634-65-2], [634-90-2], [95-94-3], [608-93-5], [188-74-1]	-	-		5
c. chlorophenols					
chlorophenols (sum) <sup>11</sup>	[65-57-5], [106-43-0], [106-46-9], [576-24-9], [120-83-4], [633-78-3], [61-28-0], [65-77-2], [631-35-6], [1595-66-0], [333-78-9], [333-75-5], [95-85-4], [88-06-2], [609-19-8], [4901-51-3], [935-95-5], [65-65-2], [87-85-5], [67-99-5]	-	-		6
pentachlorophenol		-	-		5
d. polychloro-biphenyls (PCBs)					
PCBs (sum of 7) <sup>12</sup>	[7012-37-5], [35693-99-3], [37680-37-2], [35665-28-2], [35665-27-1], [35665-29-3], [31368-00-6]	-	0.5		0.5

## Building materials decree, appendix 2

page: 3

e. remaining chlorinated hydrocarbons				
EOCl (sum)	not applicable	-	3 mg Cl/kg	3 mg Cl/kg
6. Pesticides				
a. organochloro pesticides				
DDT/DDE/DDD <sup>13</sup> drins (sum) <sup>14</sup> HCH-compounds <sup>15</sup>	[72-54-0], [53-19-0], [764-02-6], [72-54-0], [3424-82-6], [50-29-3] [390-00-2], [60-57-1], [72-20-8]	-	-	0.5 0.5 0.5
organochloro compounds (sum) <sup>16</sup>	not applicable	-	0.5	0.5
b. remaining pesticides				
Atrazine Carbaryl Carbofuran Maneb	[1912-24-9] [63-25-2] [1563-66-2] [1247-38-2]	- - - -	- - - -	0.5 0.5 0.5 0.5
non chlorine pesticides (sum) <sup>17</sup>	not applicable	-	0.5	0.5
7. Remaining organic compounds				
cyclohexanone phthalates (sum) mineral oil <sup>18</sup> pyridine	[108-84-1] not applicable not applicable [110-86-1]	- - - -	- - 500 <sup>19</sup> -	270 60 500 1
tetrahydrophuran tetrahydrothiophene	[109-89-9] [110-01-0]	- -	- -	0.4 90

Contrary to the table no immission standard applies to bromide, in the event of the use of a building material in locations where there is direct contact or direct is possible with brackish surface water or sea water with a natural chloride concentration of more than 5,000 mg/l.

The immission standard for chloride given in the table is expressed in mg/m<sup>2</sup> per annum. Contrary to the table the following immission standards apply to chloride:

- an immission standard of 87000 mg/m<sup>2</sup> per 1 annum for the use on or in the soil of an unmoulded building material that is applied as category 1 building material,
- an immission standard of 174000 mg/m<sup>2</sup> per 1 annum for the use in surface water of a unmoulded building material used as category 1 building material and
- no immission standard for the use of a building material in locations where there is direct contact or direct contact is possible with brackish surface water or sea water with a natural chloride concentration of more than 5000 mg/l.

Acidity: pH (0.01 M CaCl<sub>2</sub>). For determining a pH higher than or equal to 5 and a pH smaller than 5, the 90-percentile of the measured standards applies.

Contrary to the immission standard for fluoride given in the table, an immission standard of 56000 mg/m<sup>2</sup> per 100 years applies for the use of a building material in places where there is direct contact or direct contact is possible with brackish surface water or sea water with a natural chloride concentration of more than 5000 mg/l.

The immission standard for sulphate given in the table is expressed in mg/m<sup>2</sup> per annum. Contrary to the immission standard given in the table, the following applies to sulphate:

- an immission standard of 100,000 mg/m<sup>2</sup> per annum for the use on or in the soil of an unmoulded building material that is applied as category 1 building material
- an immission standard of 124,000 mg/m<sup>2</sup> per annum for the use in surface water of a unmoulded building material used as category 1 building material and
- an immission standard of 180,000 mg/m<sup>2</sup> per annum for the use of a building material in locations where there is direct contact or direct contact is possible with brackish surface water or sea water with a natural chloride concentration of more than 5000 mg/l.

Xylene (sum) is defined as the sum of m-xylene, p-xylene and o-xylene.

Cresols (sum) is defined as the sum of m-cresol, p-cresol and o-cresol.

Contrary to the table the following applies to construction and demolition waste and products made from this including cement aggregate, mix aggregate, crusher sand and sieve sand:

- a. no composition value for individual PAHs and
- b. a composition value for sum PAHs (10 PAHs) of 50 mg/kg.

This deviation from the table is not applicable to the tarry asphalt aggregate referred to in footnote 19.

PAH (sum of 10) is defined as the sum of anthracene, benzo(a)anthracene, benzofluoranthene, benzopyrene, chrysene, phenanthrene, fluoranthene, indeno (1,2,3-cd) pyrene, naphthalene and benzo(ghi)perylene.

Chlorobenzene (sum) is defined as the sum of all isomers of all chlorobenzenes (mono, di, tri, tetra, penta, hexachlorobenzene).

Chlorophenol is defined as: the sum of all isomers of chlorophenols (mono, di, tri, tetra and pentachlorophenol).

PCBs (sum of 7) is defined as: the sum of PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

DDT, DDD, DDE is defined as: the sum of DDT, DDD and DDE.

Drins is defined as: the sum of aldrin, dieldrin and endrin.

HCH compounds are defined as: the sum of  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH and  $\delta$ -HCH.

Organochloro pesticides (sum) is defined as: the sum of all pesticides containing chlorine.

Non-chlorine-containing pesticides (sum) is defined as: the sum of all pesticides with the exception of pesticides containing chlorine.

Mineral oils relates to the sum of all the alkanes. If any form of mineral oil contamination is demonstrated in the soil, the concentration of aromatic and/or polycyclic aromatic hydrocarbons has to be determined alongside the mineral oil concentration.

Contrary to the table, no composition value applies to mineral oil for the building materials listed below:

- Asphalt or asphalt concrete, including possible surface treatments, interim layers and top layers, being a building material that comprises a binder on the basis of bitumen, stonelike materials, sand and filler, and which as such is used regularly in road and hydraulic engineering or for constructions for floors, leak-proof or otherwise;
- Stabilized asphalt aggregate being a building material that comprises sand, cement and/or bitumen emulsion, water and at least 70% mm asphalt aggregate, which as such is regularly used in road building or hydraulic engineering and in which the content of asphalt concrete in the asphalt aggregate is at least 40%.
- Asphalt aggregate being a building material that as such is regularly used in road building foundations and which comprises at least 80% broken or cut asphalt or asphalt concrete.
- Mineralized bitumen roofing materials which are regularly used in civil engineering and non-residential construction.

## Anhang A8: 27 Produkte der Familie der Normzemente nach DIN EN 197-1 [43]

Hauptzementarten	Bezeichnung der 27 Produkte (Normalzementarten)		Zusammensetzung: (Massenanteile in %) <sup>a</sup>											Nebenbestandteile	
			Hauptbestandteile												
			Portlandzementklinker	Hütten-sand	Silica-staub	Puzzolane		Flugasche		Gebrannter Schiefer	Kalkstein				
						natürlich	natürlich getempert	kiesel-säurereich	kalkreich		T	L	LL		
			K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL			
CEM I	Portlandzement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Portlandhüttenzement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portland-silicastaubzement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portland-puzzolan-zement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portland-flugaschezement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
	Portland-schieferzement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
	Portland-kalksteinzement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5	
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	

Haupt- zement- arten	Bezeichnung der 27 Produkte (Normalzementarten)	Zusammensetzung: (Massenanteile in %) <sup>a</sup>											Neben- bestand- teile	
		Hauptbestandteile												
		Portland- zement- klinker	Hütten- sand	Silica- staub	Puzzolane		Flugasche		Gebrannter Schiefer	Kalkstein				
					natürlich	natürlich getempert	kiesel- säurereich	kalkreich						
		K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL			
	Portland- komposit- zement <sup>c</sup>	CEM II/A-M	80-94		6-20								0-5	
		CEM II/B-M	65-79		21-35								0-5	
CEM III	Hochofen- zement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Puzzolan- zement <sup>c</sup>	CEM IV/A	65-89	-	11-35					-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5	
CEM V	Komposit- zement <sup>c</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50			-	-	-	-	0-5	

a Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile.

b Der Anteil von Silicastaub ist auf 10 % begrenzt.

c In den Portlandkompositzementen CEM II/A-M und CEM II/B-M, in den Puzzolanzenzementen CEM IV/A und CEM IV/B und in den Kompositzementen CEM V/A und CEM V/B müssen die Hauptbestandteile außer Portlandzementklinker durch die Bezeichnung des Zementes angegeben werden.

**Anhang A9: Liste mit Gesamtgehalten von umweltrelevanten Schwermetallen und Spurenelementen in Betonausgangsstoffen [26]**

Stoff	Gesamtgehalte in mg/kg																		Bewertung der Umweltverträglichkeit	
	As	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Ga	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Zemente</b>																				
CEM I <sup>8)</sup>	4 - 23	185 - 390	0,2 - 1,1	1 - 5	0,03 - 6	2,8 - 21	25 - 124	55 - 98	5 - 9	< 0,02 - 0,12		17 - 97	5 - 254	2 - 18		< 0,02 - 4,1	20 - 100	21 - 679		
CEM II <sup>9)</sup>	2 - 76	37 - 450	0,1 - 3	0,06 - 1	0,01 - 3	2 - 25	7 - 144	4 - 129	0,1 - 17	< 0,2		12 - 100	4 - 247			< 1	16 - 94	26 - 660		
CEM II/A-S <sup>9)</sup>					0,01 - 1		8 - 88			< 0,05			4 - 99			0,02 - 0,6	32 - 330			
CEM II/B-S <sup>9)</sup>					0,01 - 1		7 - 88			< 0,05			4 - 99			0,2 - 0,6	26 - 330			
CEM II/A-D																				
CEM II/A-P <sup>9)</sup>																< 0,03	7 - 103			
CEM II/B-P <sup>9)</sup>																< 0,04	10 - 98			
CEM II/A-Q <sup>12)</sup>																< 0,02				
CEM II/B-Q																				
CEM II/A-V <sup>9)</sup>																				
CEM II/B-V <sup>12)</sup>																				
CEM II/A-W																				
CEM II/B-W																				
CEM II/A-T <sup>9)</sup>																				
CEM II/B-T <sup>9)</sup>																				
CEM II/A-L <sup>9)</sup>																				
CEM II/B-L																				
CEM II/A-LL																				
CEM II/B-LL																				
CEM II/A-M																				
CEM II/B-M																				
CEM III <sup>11)</sup>	0,8 - 2																			
CEM III/A <sup>9)</sup>																				
CEM III/B <sup>9)</sup>																				
CEM III/C																				
CEM IV																				
CEM IV/A																				
CEM IV/B																				
CEM V																				
CEM V/A																				
CEM V/B																				
<b>Spannbreiten für alle o. g. Zemente<sup>10)</sup></b>	< 1 - 53 6,8		< 0,02 - 2,5 0,7		< 0,1 - 8 0,4	1 - 28 10	12 - 105 40	2 - 282 25		< 0,02 - 0,34 0,07		6 - 80 24	0 - 203 27	< 1 - 35 6	< 1 - 2,6	< 0,5 - 2 15 - 200 56	15 - 450 140			
<b>Zem. Bestandteile</b>																				
Hüttensand <sup>11)</sup>																				
gebr. Ölschiefer <sup>11)</sup>																				
Naturgips <sup>6,7)</sup>	< 5 / 7 0,21 - 2,7	16 / 93	< 0,01 - 0,9 0,03 - 0,65	< 5 / 11	0,01 - 70 0,5 - 3 0,03 - 0,6 0,003 - 0,29	< 7 / 8 0,04 - 2,2	20 - 40 0,65 - 33 1 - 9,7	1 - 143 8 / 136 < 10 / 32 1,1 - 8,6		< 0,005 - 0,2 0,05 - 0,3 < 0,005 - 0,08		1 - 10 0,3 - 13,5 0,3 - 12,9	1 - 10 0,46 - 21,4 0,27 - 22	5 / 17	< 0,46 0,7 - 15,7	0,1 - 1 < 0,05 - 0,2 < 0,05 - 0,4	1 - 60 160 - 250 1 - 61 1,2 - 7,7 1,7 - 53,2			
REA-Gips <sup>7)</sup>																				
<b>Gesteinskörnung normal</b>																				
Quarzit, Gestein <sup>6, 11)</sup>	5 / 42 < 5 / 28	214 / 1264 52 / 783	< 0,01 - 12	< 5 / 7 5 / 13	0,01 - 1 0,04 - 0,5	7 / 37 < 7 / 28 7 / 25	26 / 229 7 / 35 8 / 136	< 10 / 85 13 / 87 < 10 / 46	5 / 22 < 5 / 7 < 5 / < 5	0,008 - 0,1 0,005 - 0,1 < 5 / 9 < 7 / 48	< 5 / 5 < 5 / 9 < 5 / < 5	< 7 / 73 < 7 / 21 18 / 53	< 10 / 70 10 / 50 8 / 13	6 / 12		< 0,1 - 1 0,06 - 1,8	18 / 105 5 - 80 <sup>11)</sup> 15 / 102 55 / 122			
Kalkstein <sup>6, 11)</sup>	5 / 49	361 / 1415			0,14 - 0,8 <sup>3)</sup>	35 / 63	215 / 654	44 / 97	20 / 27	0,09 - 0,1 <sup>3)</sup>	< 5 / 10	91 / 362	< 10 / 69		0,36	200 / 366	102 / 293			
Granit <sup>6)</sup>																				
Basalt, Diabas, Gabbro <sup>6)</sup>	< 5 / 25	600 / 1359				16 / 30	58 / 102	17 / 78	16 / 25		< 0,1		< 7 / 42 104 - 117	41 / 228 82 - 156	< 0,1	79 / 113 229 - 278	61 / 146 148 - 447			
Grauwacke <sup>6)</sup>	9 / 41	364 / 743				< 0,5 - 1,9	134 - 159	135 - 160			< 0,1 - < 1	< 2	< 2	2	< 0,5 - < 1	50	70 - < 100			
Schmelzkammergr. <sup>11)</sup>	7 - 41				0,1 - < 1	2 - 8	24 - 40	9 - 10												
Hochofenschacke <sup>13)</sup>	0,2 - < 1				0,1 - < 1	4 - 10	340 - 2550	16 - 50			0,1 - < 1	80	< 2 - 9	5 - 8	0,4	< 0,5 - < 2	600	30 - 150		
Hochfenschacke <sup>13)</sup>	0,2 - < 1																			
<b>Stahlwerksschlacke<sup>12)</sup></b>	0,2 - < 1																			

bei Übereinstimmung  
keine weiteren Nachweise  
erforderlich

bei Übereinstimmung  
keine weiteren Nachweise  
erforderlich

kein Nachweis erforderlich

bei Übereinstimmung  
keine weiteren Nachweise  
erforderlich

Stoff	Gesamtgehalte in mg/kg																			Bewertung der Umweltverträglichkeit
	As	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Ga	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn	20	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>schwer</b> Baryt Magnetit <sup>11)</sup> Hämatalit Ilmenit Ferrophosphor Ferrosilizium Eisengranaten Stahlsand Limonit		588412 <sup>2)</sup>				Spuren	Spuren					Spuren	Spuren				< 5000 - 15000			Nachweis muss noch erbracht werden
<b>normale Gesteinskörnungen für Strahlenschutzbeton</b> Serpentin <sup>6)</sup> Colemanit Borcalit Borfrüte Borkarbit		Spuren						1163 / 1669	81 / 180	8 / 11			965 / 1180					91 / 119	98 / 131	Nachweis muss noch erbracht werden
<b>leicht</b> Naturbims <sup>6), 11)</sup> Tuff <sup>1)</sup> Lavaschlacke Sinterbims Kesselsand	7 / 14 9 / 64	268 / 1103		< 5 / 14	0,4 / 1,3 7 16 / 80	70 / 220 65 / 745	11 / 26 22 / 140	18 / 42	0,03 / 0,15	< 5 / 12	32 / 44 34 / 648	33 / 59 8 / 237					124 / 355	110 / 170 90 / 451	kein Nachweis erforderlich	
Ziegelsplit <sup>15)</sup> Blätton bzw. Ton <sup>6), 11)</sup> Blähschiefer Blähglas Blähperlit Blähglimmer bzw. Glimmerschiefer <sup>6)</sup> Schauumsand, Schauküies	<5 - 26 15 / 78	133 - 1734 312 / 815	2 - 18	< 2 - < 20 < 0,02 - 500	32 - 64 20 / 43	< 10 - 198 105 / 217 <sup>1)</sup>	< 2 - 65 29 / 284	1 - 24 23 / 35	< 0,5 0,02 - 0,5	< 10 < 5 / 26	4 - 68 43 / 119	7 - 147 27 / 124 <sup>1)</sup>	1 - < 10 7 / 13					128 / 295 <sup>1)</sup> 78 / 304 <sup>1)</sup>	13 - 206	Nachweis muss noch erbracht werden As-Auslagerung kontrollieren
Rezykl. Zuschlag <sup>16)</sup>	5 - 14	355 - 445		< 5	< 2	33 - 72	36 - 67	10 - 44	6 - 7	< 0,005 - 0,2		13 - 30	34 - 265	< 5		0,05 - 0,11		73 - 155		
<b>Zusatstoffe</b> SFA <sup>17)</sup> Silikastaub / Mikrosilika <sup>4)</sup> Trass Farbpigment	0,6 - 365 < 10	612 - 2249 3,83	5 - 18 < 10	1 - 4 0,2 - 14,4 < 2 0,1 - 1	36 - 250 21 - 374 < 2 40 - 90	38 - 650 5,58	2 - 84 < 2 < 0,01 - 0,1	< 0,1 - 2,4 0,043 < 5	15 - 600 < 2 30 - 70	11 - 1040 5,93 < 10	< 0,5 - 90 < 10 < 10	1 - 35 < 10 0,1 - 1	0,6 - 15 < 10 110 - 190	230 - 500 < 2 18,6	47 - 1483 < 2 110 - 190		bei Übereinstimmung keine weiteren Nachweise erforderlich <sup>5)</sup>			
<b>Zusatzmittel</b>	Hauptsächlich organische Verbindungen mit vernachlässigbaren Gehalten an Schwermetallen und Spurenelementen																			Nachweis muß noch erbracht werden
<b>Zugabewasser</b> Restwasser	vernachlässigbare Gehalte an Schwermetallen und Spurenelementen																			kein Nachweis erforderlich

1) in /40/ und /71/ werden für Ton und Kalkstein z. T. deutlich höhere Werte angegeben  
(Ton: max. 1500 mg/kg Cu, 461 mg/kg Pb, 3600 mg/kg V und 1300 mg/kg Zn,  
Kalkstein: 3000 mg/kg V und 1900 mg/kg Zn).

In solchen Fällen ist die Umweltverträglichkeit ggf. zu überprüfen.

2) theoretischer Gehalt bei reinem BaSO<sub>4</sub>

3) 90 % Perzentilwert

4) bestimmt nach NS 4770, säurelösliche Anteile, keine Angaben zum Probenumfang  
5) bei Recyclinzuschlag nach DAStb-Richtlinie sind ggf. zusätzlich die Gehalte an eluierbaren organischen Stoffen zu prüfen

Angaben zum Probenumfang:

6) Angabe in 50 % / 97,5 % Perzentilwert, 6827 Datensätze für Locker- und Festgesteine /79/

7) repräsentative Proben aus 12 Naturgips-Lagerstätten, 12 Steinkohle- und 3 Braunkohlekraftwerken /10/, ergänzt um Werte aus /71/ ohne Angaben

8) insgesamt 198 Proben verschiedener Zementwerke /7, 14, 40, 74/

9) berechnet /7/

10) Messungen an über 400 deutschen Normzementen, 1998 /20/

11) keine Angaben /5, 7, 40, 71 bzw. 74/

12) 1 Probe /22/

13) 1 Probe /76/ ergänzt um Werte aus /71/ ohne Angaben

14) 14 Schläcken (basisch und sauer) /78/

15) 22 Proben verschiedener Mauerziegel (HZ, MZ, HFZ, FZ, KS, Pb, LB) /70, 82/

16) 5 Proben /80/

17) 25 Proben aus verschiedenen Anlagen /3, 14, 81/, ergänzt um Werte aus /74/ und /77/ ohne Angaben

**Anhang A10: NIK-Werte-Liste des AgBB-Bewertungsschemas für VOC und SVOC, Stand Juli 2004 [21]**

Die jeweils aktuelle Version wird über die UBA-Homepage ([www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)) bekannt gemacht.

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
<b>1. Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>						
1-1	Toluol	108-88-3	<b>1.900</b>		190.000	
1-2	Ethylbenzol	100-41-4	<b>4.400</b>		440.000	
1-3*	Xylool, Gemisch aus den Iso-merenen o-, m- und p-Xylool	1330-20-7	<b>2.200</b>	221.000	440.000	
1-4*	p-Xylool	106-42-3	<b>2.200</b>	221.000	440.000	
1-5*	m-Xylool	108-38-3	<b>2.200</b>	221.000	440.000	
1-6*	o-Xylool	95-47-6	<b>2.200</b>	221.000	440.000	
1-7	Isopropylbenzol	98-82-8	<b>1.000</b>	100.000 (Dir 96/94)	250.000	
1-8	n-Propylbenzol	103-65-1	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-9	1-Propenylbenzol ( $\beta$ -Methylstyrol)	637-50-3	<b>4.900</b>		490.000 für $\alpha$ -Methyl-styrol	
1-10	1.3.5-Trimethylbenzol	108-67-8	<b>1.000</b>	100.000	100.000	
1-11	1.2.4-Trimethylbenzol	95-63-6	<b>1.000</b>	100.000	100.000	
1-12	1.2.3-Trimethylbenzol	526-73-8	<b>1.000</b>	100.000	100.000	
1-13	2-Ethyltoluol	611-14-3	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-14	1-Isopropyl-2-methylbenzol (o-Cvmol)	527-84-4	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-15	1-Isopropyl-3-methylbenzol (m-Cvmol)	535-77-3	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-16	1-Isopropyl-4-methylbenzol (p-Cvmol)	99-87-6	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-17	1.2.4.5-Tetramethylbenzol	95-93-2	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
1-18	n-Butylbenzol	104-51-8	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-19	1.3-Diisopropylbenzol	99-62-7	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-20	1.4-Diisopropylbenzol	100-18-5	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-21	Phenyloctan und Isomere	2189-60-8	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-22	1-Phenyldecan und Isomere	104-72-3	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-23	1-Phenylundecan und Isomere	6742-54-7	<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-24	4-Phenylcyclohexen (4-PCH)	4994-16-5	<b>860</b>			vgl. Styrol
1-25	Styrol	100-42-5	<b>860</b>		86.000	
1-26	Phenylacetylen	536-74-3	<b>860</b>			vgl. Styrol
1-27*	2-Phenylpropen ( $\alpha$ -Methylstyrol)	98-83-9	<b>2.400</b>	246.000	490.000	
1-28	Vinyltoluol (alle Isomeren: o-, m-, p-Methylstyrole)	25013-15-4	<b>4.900</b>		490.000	
1-29	andere Alkylbenzole, sofern Einzelisomere nicht anders zu bewerten sind		<b>1.000</b>			vgl. niedrigsten NIK der gesättigten Alkylbenzole
1-30	Naphthalin	91-20-3	<b>50</b>	Carc.Cat 3 50.000	50.000	
1-31	Inden	95-13-6	<b>450</b>		45.000	

## 2. Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe (n-, iso- und cyclo-)

2-1	3-Methylpentan	96-14-0	<b>7.200</b>		720.000	
2-2*	n-Hexan	110-54-3	<b>72</b>	Repr.Cat. 3 72.000	180.000	
2-3	Cyclohexan	110-82-7	<b>7.000</b>		700.000	
2-4	Methylcyclohexan	108-87-2	<b>20.000</b>		2.000.000	
2-5	1.4-Dimethylcyclohexan	589-90-2	<b>20.000</b>			vgl. Methylcyclohexan

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
2-6	4-Isopropyl-1-methylcyclohexan trans:1678-82-6	is: 6069-98-3	<b>20.000</b>			vgl. Methylcyclohexan
2-7	C7-C16 Kohlenwasserstoffe		<b>21.000</b>		2.100.000 für n-Heptan	
<b>3. Terpene</b>						
3-1	3-Caren	498-15-7	<b>2.000</b>			vgl. $\alpha$ -Pinen
3-2	$\alpha$ -Pinen	80-56-8	<b>2.000</b>			LOAEL 200 mg/ $\text{m}^3$
3-3	$\beta$ -Pinen	127-91-3	<b>2.000</b>			vgl. $\alpha$ -Pinen
3-4	Limonen	138-86-3	<b>2.000</b>			vgl. $\alpha$ -Pinen
3-5	Andere Terpen-Kohlenwasserstoffe		<b>2.000</b>			vgl. $\alpha$ -Pinen
<b>4. Aliphatische Alkohole und Ether</b>						
4-1*	Ethanol	64-17-5	<b>9.600</b>		960.000	
4-2	1-Propanol	71-23-8	<b>2.400</b>			OEL-Norway: 245mg/ $\text{m}^3$ (1999)
4-3	2-Propanol	67-63-0	<b>5.000</b>		500.000	
4-4	tert-Butanol, 2-Methylpropanol-2	75-65-0	<b>620</b>		62.000	
4-5	2-Methyl-1-propanol	78-83-1	<b>3.100</b>		310.000	
4-6	1-Butanol	71-36-3	<b>3.100</b>		310.000	
4-7	1-Pentanol	71-41-0	<b>3.600</b>		360.000	
4-8	1-Hexanol	111-27-3	<b>3.100</b>			vgl. 1-Butanol
4-9	Cyclohexanol	108-93-0	<b>2.100</b>		210.000	
4-10	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	<b>2.700</b>		270.000	
4-11	1-Octanol	111-87-5	<b>2.700</b>			ACGIH: 270mg/ $\text{m}^3$ (1999)
4-12	4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on (Diacetonalkohol)	123-42-2	<b>2.400</b>		240.000	
4-13	C <sub>4</sub> - C <sub>10</sub> - Alkohole		<b>3.100</b>			vgl. 1-Butanol
<b>5. Aromatische Alkohole (Phenole)</b>						
5-1*	Phenol	108-95-2	<b>78</b>	7.800	19.000	TRGS 905: Mut. Cat.3

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
5-2	BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol)	128-37-0	<b>100</b>		10 E	
5-3*	Benzylalkohol	100-51-6	<b>440</b>			WEEL (AIHA) 44mg/ $\text{m}^3$

#### 6. Glykole, Glykolether, Glykolester

6-1	Propylenglykol (1,2-Dihydroxypropan)	57-55-6	<b>260</b>			vgl. Ethylenglykol
6-2	Ethylenglykol (Ethandiol)	107-21-1	<b>260</b>	52.000	26.000	
6-3	Ethylenglykol-monobutylether	111-76-2	<b>980</b>	98.000	98.000	
6-4	Diethylenglykol	111-46-6	<b>440</b>		44.000	
6-5	Diethylenglykol-monobutylether	112-34-5	<b>1.000</b>		100.000	
6-6	2-Phenoxyethanol	122-99-6	<b>1.100</b>		110.000	
6-7	Ethylencarbonat	96-49-1	<b>260</b>			vgl. Ethylenglykol
6-8*	1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	<b>1.900</b>	188.000	370.000	
6-9*	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol, Monoisobutyrat (Texanol®)	25265-77-				wegen mangelnder Datenlage ausgesetzt
6-10	Glykolsäurebutylester (Hydroxyessigsäure-butylester)	7397-62-8	<b>550</b>			vgl. mit Glykolsäure/ Metabolit v. Ethylenglykol
6-11	Butyldiglykolacetat, (Ethanol, 2-(2-butoxy-ethoxy)acetat, BDGA)	124-17-4	<b>1.000</b>			Glykolethergr.; vgl. Diethylenglykol-monobutylether
6-12	Dipropylenglykolmono-methylether	34590-94-	<b>3.100</b>		310.000	
6-13*	2-Methoxyethanol	109-86-4	<b>15</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 150000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-14*	2-Ethoxyethanol	110-80-5	<b>19</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 19000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-15*	2-Propoxyethanol	2807-30-9	<b>860</b>			DFG-MAK 86000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-16*	2-Methylethoxyethanol	109-59-1	<b>220</b>			DFG-MAK 22000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-17*	2-Hexaoxyethanol	112-25-4	<b>1000</b>			vgl. mit Ethylenglykol-monobutylether
6-18*	1,2-Dimethoxyethan	110-71-4	<b>19</b>	Repr.Cat. 2		vgl. mit 2-Methoxy-ethanol (Metabolit Methoxyessigsäure) Umrechnung über Mol-

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU- Klassifi- zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
						gewicht
6-19*	1,2-Diethoxyethan	73506-93-1	<b>25</b>			vgl. mit 2-Ethoxyethanol (Metabolit Ethoxyessigsäure) Umrechnung über Molgewicht
6-20*	2-Methoxyethylacetat	110-49-6	<b>25</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 25000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-21*	2-Ethoxyethylacetat	111-15-9	<b>27</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 27000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-22*	2-Butoxyethylacetat	112-07-2	<b>1300</b>			DFG-MAK 130000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-23*	2-(2-Hexaoxyethoxy)-ethanol	112-59-4	<b>1000</b>			vgl. mit 2-Hexaoxyethanol und Diethylenglykol-monobutylether
6-24*	1-Methoxy-2-(2-methoxyethoxy)-ethan	111-96-6	<b>28</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 28000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-25*	2-Methoxy-1-propanol	1589-47-5	<b>19</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 19000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-26*	2-Methoxy-1-propyl-acetat	70657-70-4	<b>28</b>	Repr.Cat. 2		DFG-MAK 28000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-27*	Propylenglykol-di-acetat	623-84-7	<b>300</b>			vgl. mit Propylenglykol
6-28*	Dipropylenglykol	110-98-5 25265-71-8	<b>440</b>		-	vgl. mit Diethylenglykol
6-29*	Dipropylenglykol-mono-methylether-acetat	88917-22-0	<b>3100</b>			vgl. Dipropylenglykol-monomethylether
6-30*	Dipropylenglykol-mono-n-propylether	29911-27-1	<b>1000</b>			vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether
6-31*	Dipropylenglykol-mono-n-butylether	29911-28-2 35884-42-5	<b>1000</b>			vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether
6-32*	Dipropylenglykol-mono-t-butylether	132739-31-2 (Gemisch)	<b>1000</b>			vgl. mit Diethylenglykol-monobutylether
6-33*	1,4-Butandiol	110-63-4	<b>2000</b>		200000	
6-34*	Tripropylenglykol-mono-methylether	20324-33-8 25498-49-1	<b>1000</b>			Einzelfallbetrachtung
6-35*	Triethylenglykol-dimethylether	112-49-2	<b>35</b>	Repr. Cat. 2		vgl. mit Methoxyethanol, Metabolit Methoxy-essigsäure, Umrechnung über Molgewicht
6-36*	1,2-Propylenglykol-dimethylether	7778-85-0	<b>25</b>			vgl. mit 1,2-Dimethoxy-ethan und 2-Methoxy-1-propanol, Umrechnung über Molgewicht

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU- Klassifi- zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
						wicht
<b>7. Aldehyde</b>						
7-1	Butanal	123-72-8	<b>640</b>		64.000	
7-2	Pentanal	110-62-3	<b>1.700</b>		175.000	
7-3	Hexanal	66-25-1	<b>640</b>			vgl. Butanal
7-4	Heptanal	111-71-7	<b>640</b>			vgl. Butanal
7-5	2-Ethyl-hexanal	123-05-7	<b>640</b>			vgl. Butanal
7-6	Octanal	124-13-0	<b>640</b>			vgl. Butanal
7-7	Nonanal	124-19-6	<b>640</b>			vgl. Butanal
7-8	Decanal	112-31-2	<b>640</b>			vgl. Butanal
7-9*	2-Butenal (Crotonaldehyd, cis-trans-Gemisch)	4170-30-3	<b>1</b>	Mut.Cat.3	1.000	
7-10	2-Pentenal (trans)	1576-87-0	<b>10</b>			vgl. 2-Butenal, aber keine EU-Mutagenitäts-Einstufung
7-11	Hexenal, trans-2-	6728-26-3	<b>10</b>			vgl. 2-Pentenal
7-12	2-Heptenal cis: trans:	2463-63-0 18829-55-5	<b>10</b>			vgl. 2-Pentenal
7-13	2-Octenal	2363-89-5	<b>10</b>			vgl. 2-Pentenal
7-14	2-Nonenal (trans)	2463-53-8	<b>10</b>			vgl. 2-Pentenal
7-15	2-Decenal	3913-71-1	<b>10</b>			vgl. 2-Pentenal
7-16	2-Undecenal	2463-77-6	<b>10</b>			vgl. 2-Pentenal
7-17	Furfural	98-01-1	<b>20</b>	Carc.Cat. 3	20.000	
7-18	Glutaraldehyd	111-30-8	<b>4</b>		420	
7-19*	Benzaldehyd	100-52-7	<b>90</b>			WEEL (AIHA) 8,8 mg/ $\text{m}^3$
<b>8. Ketone und Lactone</b>						
8-1*	Ethylmethylketon	78-93-3	<b>3.000</b>	300.000	600.000	
8-2	3-Methylbutanon-2	563-80-4	<b>7.000</b>		705.000	
8-3	Methylisobutylketon	108-10-1	<b>830</b>		83.000	

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
8-4	Cyclopentanon	120-92-3	<b>6.900</b>		690.000	
8-5	Cyclohexanon	108-94-1	<b>400</b>	40.800	80.000	
8-6	2-Methylcyclopentanon	1120-72-5	<b>6.900</b>			vgl. Cyclopentanon
8-7	2-Methylcyclohexanon	583-60-8	<b>2.300</b>		230.000	
8-8	Acetophenon	98-86-2	<b>490</b>			TLV (ACGIH) 49 mg/ $\text{m}^3$
8-9	1-Hydroxyaceton (2Propanon, 1-hydroxy-)	116-09-6	<b>260</b>			Oxidationsprodukt aus Propylenglykol, daher vgl. Ethylenglykol
8-10*	2-Ethylhexansäure	149-57-5	<b>50</b>	Repr.Cat. 3		Ableitung aus TLV 5mg/ $\text{m}^3$
<b>9. Säuren</b>						
9-1	Essigsäure	64-19-7	<b>500</b>		25.000	Einzelstoffbetrachtung (Plausibilität)
9-2	Propionsäure	79-09-4	<b>310</b>	31.000	31.000	
9-3	Isobuttersäure	79-31-2	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
9-4	Buttersäure	107-92-6	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
9-5	Pivalinsäure	75-98-9	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
9-6	n-Valeriansäure	109-52-4	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
9-7	n-Capronsäure	142-62-1	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
9-8	n-Heptansäure	111-14-8	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
9-9	n-Octansäure	124-07-2	<b>310</b>			vgl. Propionsäure
<b>10. Ester und Lactone</b>						
10-1	Methylacetat	79-20-9	<b>6.100</b>		610 000	
10-2	Ethylacetat	141-78-6	<b>7.300</b>	734.000	1.500.000	
10-3	Vinylacetat	108-05-4	<b>36</b>	Carc.Cat. 3	36.000	
10-4	Isopropylacetat	108-21-4	<b>4.200</b>		420.000	
10-5	Propylacetat	109-60-4	<b>4.200</b>		420.000	
10-6	2-Methoxy-1-methylethylacetat	108-65-6	<b>2.700</b>	275.000	270.000	
10-7	n-Butylformiat	592-84-7	<b>1.200</b>		120.000 für Methanol	

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
					formiat	
10-8	Methylmethacrylat	80-62-6	<b>2.100</b>		210.000	
10-9	andere Methacrylate		<b>2.100</b>			vgl. Methylmethacrylat
10-10	Isobutylacetat	110-19-0	<b>4.800</b>		480.000	
10-11	1-Butylacetat	123-86-4	<b>4.800</b>		480.000	
10-12	2-Ethylhexylacetat	103-09-3	<b>270</b>			OEL-Danmark: 270 mg/m <sup>3</sup>
10-13	Methylacrylat	96-33-3	<b>180</b>		18.000	
10-14	Ethylacrylat	140-88-5	<b>210</b>		21.000	
10-15	n-Butylacrylat	141-32-2	<b>110</b>	11.000	11.000	
10-16	2-Ethylhexylacrylat	103-11-7	<b>820</b>		82.000	
10-17	andere Acrylate (Acrylsäureester)		<b>110</b>			vgl. Butylacrylat
10-18	Adipinsäuredimethylester	627-93-0	<b>7.300</b>			vgl. Methanol (Metabolit), Umrechnung über Molgewicht
10-19	Fumarsäuredibutylester	105-75-9	<b>4.800</b>			vgl. Butanol (Metabolit), Umrechnung über Molgewicht
10-20	Bernsteinsäuredimethyl-ester	106-65-0	<b>6.200</b>			vgl. Methanol (Metabolit), Umrechnung über Molgewicht
10-21	Glutarsäuredimethylester	1119-40-0	<b>6.800</b>			vgl. Methanol (Metabolit), Umrechnung über Molgewicht
10-22	Hexandioldiacrylat	13048-33-4	<b>10</b>			WEEL (AIHA 1999) 1 mg/m <sup>3</sup>
10-23*	Maleinsäuredibutylester	105-76-0	<b>50</b>			OECD-SIDS: 5 mg/m <sup>3</sup>
10-24*	Butyrolacton	96-48-0	<b>2.700</b>			Einzelstoffbetrachtung
<b>11. Chlorierte Kohlenwasserstoffe</b>						
11-1	Tetrachlorethen	127-18-4	<b>340</b>	Carc.Cat. 3	345.000	

NIK Nr	Substanz	CAS No.	NIK [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	EU-Klassifi-zierung (EU-OEL in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRGS 900 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Bemerkungen
<b>12. Andere</b>						
12-1	1.4-Dioxan	123-91-1	73	Carc.Cat.3	73.000	
12-2	Caprolactam	105-60-2	50	10.000	5.000	
12-3	N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	800		80.000	
12-4	Octamethylcyclotetra-siloxan (D4)	556-67-2	1.200	Repr Cat.3		Einzelstoffbetrachtung
12-5	Methenamin, Hexamethylen-tetramin; (Formaldehy-dabspalter )	100-97-0	30			OEL-Norway/Sweden: 3 mg/ $\text{m}^3$ , 1999
12-6	2-Butanonoxim	96-29-7	20	Carc.Cat.3		Einzelstoffbetrachtung
12-7	Tributylphosphat	126-73-8	25		2.500	
12-8	Triethylphosphat	78-40-0	25			vgl. Tributylphosphat
12-9	5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT) 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT) Gemisch 3:1	26172-55-4 2682-20-4 55965-84-9	1		50	Bewertung für Gemisch 3:1
	* : Neuaufnahme und Änderungen					

### EMPFEHLUNG

Bei Produkten, die Aldehyde in bewertungsrelevanten Konzentrationen emittieren können, empfiehlt der AgBB in der Einführungsphase eine zusätzliche parallele Probenahme nach der DNPH-Methode (DIN ISO 16000-3), um leichtflüchtige Aldehyde insbesondere Butanal, Butenal und Pentanal quantitativ zu erfassen. Für diese Substanzen ist anzunehmen, dass eine Probenahme auf TENAX nicht quantitativ erfolgt und deshalb mit einem Minderbefund zu rechnen ist. Da insbesondere Butenal einen sehr kleinen NIK-Wert besitzt, ist hierfür aber eine möglichst genaue Erfassung und Quantifizierung notwendig, wofür die DNPH-Methode mit HPLC-Analyse als besser geeignet anzusehen ist.

Der gleichzeitige Einsatz von DNPH-Kartuschen und TENAX-Rohren würde für die anderen Aldehyde (ab Hexanal) eine doppelte Bestimmung bedeuten und dadurch einen Vergleich der beiden Methoden ermöglichen.

Durch den Einsatz der DNPH-Methode würden außerdem einige leichtflüchtige VOC (VVOCs) wie Aceton, Formaldehyd und Acetaldehyd quantitativ erfasst werden, deren Bestimmung zwar im AgBB-Bewertungsschema nicht gefordert wird, die aber zur Produktbewertung informativ sind.

## Anhang A11: Liste der freiwilligen Regelungen für Bodenbeläge

Die Liste enthält nur Regelungen, die sich auf den Gehalt oder die Freisetzung von gefährlichen Stoffen beziehen.

Textile Bodenbeläge					
Parameter	Natureplus e.V. "Textile Bodenbeläge" [190]	Gemeinschaft umweltfreund- licher Teppichboden e.V. (GUT) [109]	Öko-Tex-Standard 100 [191]	Österreichisches Umwelt- zeichen UZ 35, "Textile Bo- denbeläge" [192]	Nordic Ecolabelling "Textiles" [187b]
<b>Anwendungs- bereich</b>	Textile Bodenbeläge aus nachwachsenden Rohstoffen (Tierhaare, Pflanzenfasern)	Textile Bodenbeläge	Textilien, u.a. auch Ausstattungsmaterialien wie textile Bodenbeläge	Textile Bodenbeläge (Auslegerware)	Textilien (u.a. auch Teppiche) aus den Fasern: Baumwolle, Schurwolle, Flachs, Jute, Ramie, regenrierte Zellulose, synthetische Fasern
<b>CMR-Stoffe (cancerogen, mutagen, re- produktionsto- xisch)</b>				Beschränkung für den Einsatz von Stoffen, die nach 67/548/EWG als T+, T, CMR oder N eingestuft sind.	Verbot für den Einsatz von Stoffen, die nach 67/548/EWG oder in einem nordischen Land als CMR eingestuft sind.
<b>Schwermetalle</b>	Beschränkung der Schwermetallgehalte: Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Sb, Tl, Zn, Zr	Verbot von Farbstoffen und Pigmenten, die Schwermetalle (Cd, Cr, Cr(VI), Hg, Pb) als Bestandteil der farbgebenden Komponente enthalten	Beschränkung der Schwermetallgehalte: • Cr, Cr(VI), Co, Ni Beschränkung nur für organische Materialien für: • As, Hg, Pb, Cd, Cu	Verbot von Farbstoffen und Pigmenten, die Schwermetalle (Cd, Cr(VI), Hg, Pb) als Bestandteil der farbgebenden Komponente enthalten	Beschränkung der Schwermetallgehalte (Farbmittel, Pigmente): • As, Pb, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, Sn, Zn
<b>Halogenorga- nische Verbin- dungen</b>	Verbot von halogenorganischen Verbindungen			Verbot von halogenorganischen Verbindungen	
<b>Flammschutz- mittel</b>	Verbot von synthetisch-organischen Flammenschutzmittel (Organophosphate) (12 Einzelsubstanzen)	Verbot von halogen- bzw. phosphorhaltigen Flammenschutzmittel (PBB, TRIS; TEPA; SCCP's, PeBCDE)	Verbot von Flammenschutzmitteln: • PBB, TRIS, TEPA	Verbot von Flammenschutzmitteln: • die Antimon, Arsen oder Bor enthalten • bromierte Flammenschutzmittel • mit Chlorparaffinen oder Fluorverbindungen	Verbot von Flammenschutzmitteln: • bromierte Flammenschutzmittel • chlororganische Flammenschutzmittel

Parameter	Natureplus e.V. "Textile Bodenbeläge" [190]	Gemeinschaft umweltfreund- licher Teppichboden e.V. (GUT) [109]	Öko-Tex-Standard 100 [191]	Österreichisches Umwelt- zeichen UZ 35, "Textile Bo- denbeläge" [192]	Nordic Ecolabelling "Textiles" [187b]
<b>Azofarbstoffe, die krebser- zeugende Ami- ne abspalten</b>	Verbot von Azofarbstof- fen, die krebserzeugende Amine abspalten	Verbot von Azofarbstoffen, die krebserzeugende Amine ab- spalten	Verbot von Arylaminen, die aus Farbmitteln abspaltbar sind	Verbot von Azofarbstoffen, die krebserzeugende Amine abspalten	Verbot von Arylaminen, die aus Farbmitteln abspaltbar sind
<b>Farbstoffe</b>	Verbot von krebserzeu- genden oder allergisieren- den Farbstoffen	Verbot von krebserzeugenden und allergisierenden Farbstof- fen	Verbot von krebserzeu- genden und allergisieren- den Farbstoffen		
<b>Färbebe- sleuniger</b>		Verbot von bestimmten Färbe- beschleunigern (chlororgani- sche Carrier)		Verbot von Färbebeschleuni- gern (Carrier)	
<b>Biozide</b>	Verbot der Verwendung von Bioziden: • Organochlorpestizide • Organophosphor- pestizide • Pyrethroide (Motten- schutzmittel) • Herbizide	Verbot der Biozide: • TBT • Pyrethroide außer Per- methrin Beschränkung der Biozide: • Chlorphenole (PCP, TeCP) • Orthophenylphenol (OPP) • chlororganische und phos- phororganische Pestizide • Herbizide • Permethrin für Wollteppi- che bis 210 mg/kg	Beschränkung der Pesti- zide für organische Mate- rialien: • 55 Einzelsubstanzen Beschränkung für die Bio- zide: • Chlorphenole (PCP; TeCP) • Orthophenylphenol (OPP) • TBT (zinnorganische Verbindungen)	Verbot der Pestizide: • nach Ausschlussliste GUT • PCP Beschränkung des Motten- schutzes auf 40 mg/kg Per- methrin	Beschränkung des Pestizid- gehaltes für Wolle Verbot für: • Chlorphenole (Konserive- rungsmittel) • PCB (Weichmacher, Car- rier, Flammschutzmittel) • Halogenierte Motten- schutzmittel

Parameter	Natureplus e.V. "Textile Bodenbeläge" [190]	Gemeinschaft umweltfreund- licher Teppichboden e.V. (GUT) [109]	Öko-Tex-Standard 100 [191]	Österreichisches Umwelt- zeichen UZ 35, "Textile Bo- denbeläge" [192]	Nordic Ecolabelling "Textiles" [187b]
<b>Sonstige Ver- bote und Be- schränkun- gen des Schadstoff- gehalts</b>			<p>Beschränkung für</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>chlorierte Benzole und Toluole</li> </ul>	<p>Verbot von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Butadien</li> <li>Vinylchlorid</li> </ul>	<p>Verbot für:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Halogenierte Antimattin- gagents</li> <li>Organische Zinnverbin- dungen (Nachbehand- lung)</li> <li>PVC</li> </ul> <p>Beschränkung für:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>APEO (Alkylphenolethoxylate) (Tenside)</li> <li>LAS (lineare Alkylbenzolsulphonate) (Tenside)</li> <li>DADMAC (Dialkyldimethylammoniumchlorid) (Weichmacher)</li> <li>Phthalate (Weichmacher)</li> <li>EDTA (Komplexbildner)</li> <li>Halogenierte Lösemittel (Carrier)</li> </ul>
		Verbot von Zinkdiethyl-dithiocarbamat (ZDEC) als Vulkanisationsbeschleuniger zur Herstellung von Schaumstoffrücken	Beschränkung für Formaldehyd	Verbot der Verwendung von vulkanisierten Schäumen als Rückenbeschichtung	Beschränkung für freies Formaldehyd (300 ppm)
	Beschränkung bei Latex: • PCP	Beschränkung bei Latex: • Styrol • Ethylbenzol • 4-PCH • 4-VCH			Einsatz von Sekundärtextilien: Beschränkung für den Gehalt an EOX bei den Sekundärfa- sern

Parameter	Natureplus e.V. "Textile Bodenbeläge" [190]	Gemeinschaft umweltfreund- licher Teppichboden e.V. (GUT) [109]	Öko-Tex-Standard 100 [191]	Österreichisches Umwelt- zeichen UZ 35, "Textile Bo- denbeläge" [192]	Nordic Ecolabelling "Textiles" [187b]
<b>VOC und SVOC (Emission)</b>	<p>Beschränkung für VOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VOC eingestuft als CMR nach GefStoffV</li> <li>• Summe VOC (TVOC)</li> <li>• Summe sensibilisie- rende Stoffe (nach MAK und BgVV)</li> <li>• Summe gesättigte n- Aldehyde</li> <li>• spezielle Einzelsub- stanzen</li> </ul> <p>Beschränkung für:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SVOC</li> </ul>	<p>Beschränkung für VOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summe VOC</li> <li>• Summe aromatische KWS</li> <li>• Toluol</li> <li>• Styrol</li> <li>• 4-Vinylcyclohexen</li> <li>• 4-Phenylcyclohexen</li> </ul>	<p>Beschränkung für VOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summe VOC</li> <li>• Summe aromatische KWS</li> <li>• Toluol</li> <li>• Styrol</li> <li>• 4-Vinylcyclohexen</li> <li>• 4-Phenylcyclohexen</li> </ul>	<p>Beschränkung für VOC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summe VOC</li> <li>• Summe aromatische KWS</li> <li>• Toluol</li> <li>• Styrol</li> <li>• 4-Vinylcyclohexen</li> <li>• 4-Phenylcyclohexen</li> </ul>	
<b>Formaldehyd (Emission)</b>	Beschränkung für Formal- dehyd		Beschränkung für Formal- dehyd	Beschränkung für Formalde- hyd	
<b>Geruch</b>	Beschränkung für Geruch	Beschränkung für Geruch	Beschränkung für Geruch	Beschränkung für Geruch	
<b>Sonstige Ver- bote und Be- schränkun- gen der Schadstoff- emission)</b>	Beschränkung bei Latex: <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitrosamine</li><li>• Schwefelkohlenstoff</li></ul>	Beschränkung für: <ul style="list-style-type: none"><li>• Vinylacetat</li><li>• Vinylchlorid</li></ul>	Beschränkung für: <ul style="list-style-type: none"><li>• Vinylchlorid</li><li>• Butadien</li></ul>	Beschränkung für: <ul style="list-style-type: none"><li>• Vinylacetat</li></ul>	

Elastische Bodenbeläge			
Bereich	Natureplus e.V. "Linoleum-Bodenbeläge" [190b]	Kork-Logo "Kork-Bodenbeläge" [132]	Österreichisches Umweltzeichen UZ 42, "Elastische Bodenbeläge" [169]
<b>Anwendungsbereich</b>	Bodenbeläge aus Linoleum (gilt nicht für Verbundmaterialien z.B. mit Kork, Schaumrücken oder Hartfaserplatten)	Bodenbeläge aus Kork	Elastische Bodenbeläge nach Definition EN 12466 (z.B. PVC, Polyolefine, Gummie, Linoleum)
<b>CMR-Stoffe</b>			Beschränkung für den Einsatz von Stoffen, die nach 67/548/EWG [3] als T+, T, CMR oder N eingestuft sind.
<b>Schwermetalle</b>	Verbot des Einsatzes von As-, Pb-, Cd-, und Hg-Verbindungen	Überprüfung der Schwermetalle nicht notwendig, da nicht in relevanter Menge enthalten	Verbot des Einsatzes von Schwermetallen: Pb, Cd, Hg, Cr(VI).
<b>Halogenorganische Verbindungen</b>	Verbot von halogenorganischen Verbindungen		Verbot von halogenorganischen Verbindungen (z.B. Bindemittel, Flammenschutzmittel) (Grenzwert für Gehalt an Halogenen F, Cl, Br)
<b>Biozide</b>	Verbot von Bioziden (z.B. Triclosan)	Verbot von Pestiziden (Einsatz nicht erforderlich, keine Prüfung)	Verbot von Fungiziden und Bakteriziden Verbot von TBT (zinnorganische Verbindungen) (Grenzwert für Zinn)
<b>Azofarbstoffe, die krebserzeugende Amine abspalten</b>	Verbot von Azofarbstoffen, die krebserzeugende Amine abspalten	Verbot von Azofarbstoffen, die krebserzeugende Amine abspalten	
<b>Pigmente</b>		Verbot von gesundheitsgefährdenden schwermetallhaltigen Pigmenten	
<b>Flammenschutzmittel</b>		Verbot für Flammenschutzmittel	

Bereich	Natureplus e.V. "Linoleum-Bodenbeläge" [190b]	Kork-Logo "Kork-Bodenbeläge" [132]	Österreichisches Umweltzeichen UZ 42, "Elastische Bodenbeläge" [169]
<b>Sonstige Verbote und Beschränkungen des Schadstoffgehalts</b>	Oberflächenbeschichtung: Verbot von: <ul style="list-style-type: none"><li>• aromatischen Verbindungen</li><li>• Tenside auf Alkylphenolethoxylat (APEO)</li><li>• Glykolverbindungen</li><li>• halogenorganische Verbindungen</li><li>• Kobaltverbindungen (Trockenmittel)</li></ul>		Beschränkung für Gummi-Bodenbeläge: <ul style="list-style-type: none"><li>• N-Nitrosamine</li></ul> Beschränkung für PVC-Bodenbeläge: <ul style="list-style-type: none"><li>• Vinylchlorid (mit Einschränkung)</li></ul>
<b>VOC und SVOC (Emission)</b>	Beschränkung für VOC: <ul style="list-style-type: none"><li>• Summe VOC (TVOC)</li><li>• VOC (CMR-Stoffe)</li><li>• Summe aromatische KWS</li><li>• Summe sensibilisierende VOC</li><li>• Summe gesättigte n-Aldehyde</li><li>• Spezielle Einzelsubstanzen</li></ul> Beschränkung für SVOC	Korkbeläge mit Bindemittel auf Polyurethanbasis:  Keine Emission von monomerem MDI oder TDI (Untersuchung nicht notwendig)	Beschränkung für VOC: <ul style="list-style-type: none"><li>• Summe VOC (TVOC)</li><li>• Summe aromatische KWS (incl. Styrol)</li><li>• Halogenierte VOC</li><li>• Hexanal (Geruchsstoff, Reizstoff)</li><li>• Nonanal (Geruchsstoff/Reizstoff)</li><li>• Styrol (Geruchsstoff/Reizstoff)</li></ul>
<b>Formaldehyd (Emission)</b>	Beschränkung für Formaldehyd		
<b>Geruch</b>	Beschränkung für Geruch		

<b>Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen</b>				
<b>Bereich</b>	<b>Blauer Engel, RAL-UZ 38 "Produkte aus Holz und Holz- werkstoffen" [182]</b>	<b>Natureplus e.V. Bodenbeläge aus Holz und Holz- werkstoffen [186b]</b>	<b>Nordic Ecolabelling "Panels for the building industry" [184]</b>	<b>Österreichisches Umweltzeichen UZ 07, "Holz und Holzwerkstoffe" [183]</b>
<b>Anwendungsbereich</b>	Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen, die zu mehr als 50 Vol.-% aus Holz, Holzmehl und/oder Holzwerkstoffen bestehen (z.B. Laminatböden, Fertigparkett, Linoleum auf Basis von Holzmehl, Böden mit lackierter Oberfläche, Paneele, Möbel, Innentüren)	Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen	Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen (z.B. Furnier, Faserplatten, Spanplatten) für den Innen- und Außenbereich (Produkte für Wandbekleidungen, Dächer und Bodenbeläge, Möbel) Produkte aus Gips und Mineralien (z.B. Glas- und Steinwolle)	Holzwerkstoffe zur Verwendung im Innenraum und daraus hergestellte Elemente wie Fußbodenelemente, Wand- und Deckenelemente
<b>CMR-Stoffe</b>			Beschränkung von Stoffen, die in einem nordischen Land eingestuft sind (Sicherheitsdatenblätter): <ul style="list-style-type: none"><li>• toxisch</li><li>• CMR,</li><li>• sensibilisierend</li><li>• N (Herstellererklärung)</li></ul>	Beschränkung für den Einsatz von Stoffen, die nach 67/548/EWG eingestuft sind als: <ul style="list-style-type: none"><li>• T+, T</li><li>• CMR</li><li>• N</li></ul>
<b>Halogenorganische Verbindungen</b>		Verbot von halogenorganischen Verbindungen	Verbot von halogenorganischen Verbindungen	
<b>Formaldehyd</b>			Beschränkung des Gehaltes für freies Formaldehyd	
<b>Biozide</b>		Verbot von Bioziden (z.B. Triclosan) Verbot von Holzschutzmitteln	Verbot von Bioziden oder anderen Chemikalien, die Dänemark, Finnland, Island, Norwegen oder Schweden verboten sind	
<b>Flammschutzmittel</b>		Verbot von Flammschutzmitteln	Verbot von halogenierten organischen Flammschutzmitteln	

Bereich	Blauer Engel, RAL-UZ 38 "Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen" [182]	Natureplus e.V. Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen [186b]	Nordic Ecolabelling "Panels for the building industry" [184]	Österreichisches Umweltzeichen UZ 07, "Holz und Holzwerkstoffe" [183]
<b>Oberflächenbeschichtung</b>	Verbote von: <ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffen, die nach RL 67/548/EWG als T+, T, CMR eingestuft sind</li> <li>Stoffe, die nach TRGS 905 als CMR eingestuft sind</li> </ul>	Verbot von: <ul style="list-style-type: none"> <li>Glykolen und deren Ester und Ether</li> <li>halogenorganische Verbindungen</li> <li>Metallverbindungen (Trockenmittel)</li> <li>aromatenhaltige Lösemittel</li> </ul>	Angabe der Stoffe, die nach EU-Stoffrichtlinie oder nordischem Recht kennzeichnungspflichtig sind als: <ul style="list-style-type: none"> <li>N</li> </ul> Beschränkung des Gehaltes oder der Emission von organischen Lösemitteln Verbot von chlorhaltigen Kunststoffen zur Oberflächenbehandlung (Herstellererklärung)	<u>Oberflächenbeschichtung bzw. -behandlung:</u> Verbot von: <ul style="list-style-type: none"> <li>halogenorganischen Verbindungen</li> <li>aromatische KWS</li> <li>Biozide (außer Topfkonservierung)</li> <li>Flammschutzmittel auf Basis von Halogenen, Sb, As, Bor</li> <li>Schwermetallverbindungen auf Basis von Pb, Cd, Cr(VI) (Beschränkung für Co und Mn)</li> </ul> Beschränkung für organische Lösemittel
<b>Sonstige Verbote und Beschränkungen des Schadstoffgehalts</b>			Verbot von (Herstellererklärung): <ul style="list-style-type: none"> <li>PCB</li> <li>Alkylphenole</li> <li>Phthalate</li> <li>Asiridine oder Polyasiridine</li> <li>Pigmente und Additive auf Basis von Pb, Sn, Cd, Cr, Hg-Verbindungen</li> </ul> Beschränkung des Gehaltes für (Herstellererklärung): <ul style="list-style-type: none"> <li>aromatische Lösemittel</li> <li>Alkylphenolethoxylate oder andere Alkylphenolderivate (Prüfung)</li> </ul>	

Bereich	Blauer Engel, RAL-UZ 38 "Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen" [182]	Natureplus e.V. Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen [186b]	Nordic Ecolabelling "Panels for the building industry" [184]	Österreichisches Umweltzeichen UZ 07, "Holz und Holzwerkstoffe" [183]
<b>VOC und SVOC (Emission)</b>	Beschränkung der Emission für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summe VOC (TVOC)</li> <li>• Summe SVOC</li> </ul>	Prüfung der Emission für VOC: <ul style="list-style-type: none"> <li>• VOC (CMR-Stoffe)</li> <li>• Summe VOC (TVOC)</li> <li>• Summe Aromaten</li> <li>• Summe sensibilisierende VOC</li> <li>• Summe gesättigte n-Aldehyde</li> <li>• Spezielle Einzelsubstanzen</li> </ul> Prüfung der Emission für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• SVOC</li> </ul>		Beschränkung für die Emission von <ul style="list-style-type: none"> <li>• VOC</li> <li>• SVOC</li> <li>• CMT-VOC</li> </ul>
<b>Formaldehyd (Emission)</b>	Einsatz von Holzwerkstoffplatten: Beschränkung für die Emission von Formaldehyd	Beschränkung der Emission für Formaldehyd	Einsatz von Holzwerkstoffplatten: Beschränkung für die Emission von Formaldehyd (Prüfung)	Einsatz von Holzwerkstoffplatten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschränkung für die Emission von Formaldehyd</li> </ul> Holzwerkstoffe mit formaldehydhaltigen Bindemitteln: Beschränkung für Formaldehyd
<b>Geruch</b>		Beschränkung der Geruchsemmission		
<b>Sonstige Verbote und Beschränkungen der Schadstoffemission</b>	Beschränkung der Emission von CMT-Stoffen	Produkte mit Bindemittel auf Polyurethanbasis: Prüfung der Emission für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• monomere Isocyanate</li> </ul>		Holzwerkstoffe mit Bindemitteln auf Basis von polymerem MDI: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Emission von monomerem MDI</li> </ul> Holzwerkstoffe mit phenolhaltigen Bindemitteln: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschränkung der Emission für Phenol</li> </ul>

**Anhang A12: Grenzwerte der Altholzverordnung für Holzhackschnitzel und Holzspäne zur Herstellung von Holzwerkstoffen [97]**

Element/Verbindung	Konzentration in mg/kg Trockenmasse
Arsen	2
Blei	30
Cadmium	2
Chrom	30
Kupfer	20
Quecksilber	0,4
Chlor	600
Fluor	100
Pentachlorphenol	3
Polychlorierte Biphenyle	5